

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

(повне найменування інституту, факультету)

КАФЕДРА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КЕРАМІКИ ТА СКЛА

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

УДК 666.1.005

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Б.Ю. Корнілович  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«   » \_\_\_\_\_ 2018 р.

**Магістерська дисертація  
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»  
(код та назва спеціальності)

за спеціалізацією «Хімічні технології неорганічних керамічних матеріалів»

**на тему** Технологія скляної тари: застосування нових

типів теплоізоляційних матеріалів

**Виконав:** студент 2 курсу, групи ХМ-71мп

Земська Даша Євгеніївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

**Керівник** проф., к.т.н. Племянніков М. М

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

**Консультанти:**

Автоматизація

(назва розділу)

ас. Бородин В.І.

(вчене ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Охорона праці

(назва розділу)

доц. к.т.н. Полукаров Ю.О.

(вчене ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Стартап

(назва розділу)

доц., к.е.н. Тюленєва Ю.В.

(вчене ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

**Рецензент** доц. Глуховський І. В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ - 2018 року

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 124 сторінки, рисунків – 22, таблиць – 76, додатків – 5, використаних джерел – 46.

Графічна частина: 10 листів формату А1.

Об'єкт розроблення: Асортимент скляної тари відповідно до завдання на проектування: пляшки ємністю 0,33 л; 0,5 л; 1 л.

Хімічний склад скла:  $\text{SiO}_2$  – 72%,  $\text{Na}_2\text{O}$  – 13,5%,  $\text{CaO}$  – 12%,  $\text{MgO}$  – 0,5%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 2%. Сировинні матеріали: пісок, сода, сульфат, вапняк, глинозем. Рецептúra шихти на 100 кг скломаси: пісок – 72,73 кг, содо-сульфатна суміш – 25,82 кг, вапняк – 22,83 кг, глинозем – 1,99 кг.

Проектування печі для варіння скла. Прийнята регенеративна ванна піч безперервної дії з підковоподібним напрямком полум'я. Продуктивність печі – 210 т/добу. Площа варильної частини печі – 71,94 м<sup>2</sup>. Питоме знімання скломаси – 2,92 т/(м<sup>2</sup>·добу). Температура варіння – 1550 °С. Глибина басейну печі – 1,6 м. Прийнято 2 печі. Формування проводиться на 5 склоформуєчих машинах марки IS-10-2. Відпал виробів здійснюється в 5 печах відпалу. На вході і виході з печі відпалу здійснюється нанесення функціональних покриттів. Готові вироби проходять автоматичний і візуальний контроль наявності браку. На кінцевій стадії здійснюється упаковка виробів в термоусадочну плівку.

Мета роботи: Розробка проекту виробництва скляної тари відповідно до виданого завдання. Використання новітніх досягнень науки про скло при виборі обладнання та теплових агрегатів. Впровадження інноваційних технологій стосовно підвищення енергоефективності процесу скловаріння. Застосування новітніх теплоізоляційних матеріалів дозволить досягти щорічного економічного ефекту в розмірі 5,582 млн грн. Термін окупності впроваджень складатиме 3,5 місяців.

СКЛЯНА ТАРА, ВАРІННЯ СКЛА, СКЛОВАРНА ПІЧ, ФОРМУВАННЯ, ВІДПАЛ, ЕФЕКТИВНА ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЯ, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ, ТЕРМІН ОКУПНОСТІ.

## ABSTRACT

Explanatory note: 124 pages, figures – 22, tables – 76, appendixes – 5, sources used – 46.

Graphic part: 10 sheets of A1 format.

The object of development: Assortment of glass containers according to the design task: bottles with a capacity of 0,33 liter; 0,5 liter; 1 liter.

Chemical composition of glass:  $\text{SiO}_2$  – 72%,  $\text{Na}_2\text{O}$  – 13,5%,  $\text{CaO}$  – 12%,  $\text{MgO}$  – 0,5%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 2%. Raw materials: sand, soda, sulfate, limestone, alumina. Formulation of the charge per 100 kg of glass wool: sand – 72,73 kg, soda-sulfate mixture – 25,82 kg, limestone – 22,83 kg, alumina – 1,99 kg.

Designing the furnace for glass cooking. Continuous regenerative bath stove with horseshoe flame direction is accepted. Oven output – 210 ton/day. The area of the cooker is 71,94  $\text{m}^2$ . Specific glass removal – 2,92  $\text{ton}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$ . Cooking temperature – 1550 °C. The depth of the furnace pool is 1,6 m. Two ovens are accepted. Formation is carried out on 5 glass forming machines IS-10-2. Annealing of products is carried out in 5 annealing furnaces. At the inlet and outlet of the annealing furnace, the application of functional coatings is carried out. The finished products undergo automatic and visual defect inspection. At the final stage, packaging of products in a shrink film is carried out.

The objective: Project development of the production of glass containers in accordance with the given task. The use of the latest advances in glass science when choosing equipment and heat generators. Implementation of innovative technologies for increasing energy efficiency of the glass-making process. Application of the newest heat-insulating materials will allow to reach an annual economic effect of 5,582 million UAH. The payback period of the implementation is 3,5 months.

GLASS CONTAINER, COOKING GLASS, GLASS FURNACE, FORMING, ANNEALING, EFFECTIVE THERMAL INSULATION, ECONOMIC EFFECT, PAYBACK PERIOD.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1 ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	
1.1 Світовий досвід і новітні тенденції в склотарній галузі .....	
1.1.1 Вибір методів для оптимізації енергоспоживання у скловарінні .....	
1.1.2 Сучасні тенденції вдосконалення технології .....	
1.2 Сучасний стан склотарної галузі України .....	
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	
2.1 Асортимент продукції та вимоги стандартів.....	
2.2 Загальна характеристика виробництва .....	
2.3 Хімічний склад скла. Сировинні матеріали .....	
2.4 Вхідний контроль сировинних матеріалів.....	
2.5 Підготовка сировинних матеріалів.....	
2.6 Процес приготування шихти.....	
2.7 Технологічні операції по завантаженню печей шихтою та склобоек .....	
2.8 Технологія скловаріння .....	
2.9 Технологія відпалу і нанесення захисних покриттів.....	
2.10 Контроль якості скловиробів .....	
2.11 Кінцеві операції .....	
2.12 Розрахунок складу шихти для скла .....	
2.13 Матеріальний баланс склоутворення .....	
3 ТЕПЛО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	
3.1 Розрахунок горіння палива.....	
3.2 Тепловий баланс склоутворення .....	
3.3 Розрахунок теплообміну в полуменовому просторі печі.....	
3.4 Тепловий баланс ванної скловарної печі.....	
4 ІННОВАЦІЙНІ ЗАХОДИ З ВПРОВАДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ СКЛОВАРНОЇ ПЕЧІ .....	

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА ТА АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ .....

5.1 Аналіз технологічного процесу відпалу скла як об'єкта автоматизації...

5.2 Опис розробленої схеми автоматизації печі відпалу .....

5.3 Специфікація устаткування, виробів та матеріалів .....

5.4 Висновки .....

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....

6.1 Охорона праці .....

6.1.1 Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників  
та заходи щодо охорони праці .....

6.1.1.1 Повітря робочої зони .....

6.1.1.2 Виробниче освітлення .....

6.1.1.3 Виробничий шум і вібрація.....

6.1.1.4 Електробезпека.....

6.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях .....

6.2.1 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання .....

6.2.2 Пожежна безпека.....

6.2.3 Аналіз небезпеки об'єкта.....

## 7 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО СТАРТАП-ПРОЕКТУ .....

7.1 Резюме стартап-проекту та загальна характеристика розробки .....

7.2 Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу .....

7.3 Визначення ключових факторів успіху проекту.....

7.4 Визначення потенційних споживачів .....

7.5 Ціна інноваційної пропозиції на ринку.....

ВИСНОВКИ.....

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....

ДОДАТКИ.....

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Скляною тарою називають скляний посуд, призначений для фасування, транспортування, зберігання і споживання різних рідких, пастоподібних і твердих продуктів. Це різного роду скляні пляшки, банки, сулії, флакони, склянки тощо.

До її переваг варто віднести гігієнічність, забезпечення збереження поміщеного в ній продукту, прозорість, розмаїтість, можливість герметичної закупорки, доступну ціну.

Були часи, коли продукція виробників склотари почала здавати свої позиції на ринку новим пакувальним матеріалам, таким як папір, пластик, алюміній. Однак, з 90-х років склотара знову почала займати належне місце на ринку пакування, завдяки високим технічним характеристикам, зниженню собівартості і споживчих переваг.

Практично повна хімічна інертність, прозорість і можливість повторного використання забезпечили склу широке застосування як пакувального матеріалу харчових продуктів, напоїв, медичних препаратів і парфумерних виробів.

Всі ці фактори призвели до того, що склотара не тільки вистояла в конкуренції із пластиковою і металевою тарою, але і в останні роки істотно збільшила свою частку на сукупному ринку тари і пакування.

В останні роки в Україні спостерігається зростання споживання продукції в скляній тарі, що забезпечується як за рахунок зростання вітчизняного виробництва, так і за рахунок імпорту склопродукції.[1]

Поява на українському ринку великих міжнародних корпорацій змушує виробників підвищувати якість продукції й розширяти її асортимент. Сьогодні на цьому ринку майже немає конкуренції. Заводи працюють у різних сегментах, практично не перетинаючись між собою по товарних позиціях. Попит на склотару й так високий, і щорічно продовжує збільшуватися, тому виробники не мають проблем зі збутом готової продукції.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З одного боку це створює комфортні умови для розвитку галузі, з іншого боку - позбавляє власників заводів економічних стимулів до вдосконалення. Випуск склотари - і без того прибутковий бізнес: у середньому рентабельність продукції склозаводів становить 20%. Донедавна алкогольний ринок країни відчував дефіцит якісної склотари місцевого виробництва. Однак за останні роки ситуація змінилася: підприємства почали активно модернізувати виробництво. В українських склоробів є все необхідне: сировина, покупці, а тепер і капітал. Масове надходження іноземного капіталу в українську скляну промисловість створює конкуренцію на цьому швидкозростаючому ринку й змушує виробників активніше модернізувати виробництво.

Критеріями для оцінки вдалості створення нової скляної тари слугують наступні її характеристики: функціональність, стильність пакування і її адекватність товару, рівень захищеності від підробки, вартість.

Особливе місце займає можливість захисту алкогольних брендів.

Однією з галузей харчової індустрії, що найбільш динамічно розвиваються і являються найбільшим споживачем скляної тари є підприємства з виробництва вино-горілочних виробів, пива й безалкогольних напоїв.

Оскільки ринок склотари продовжує розвиватися, це потребує будівництва нових заводів. Тому метою даного проекту є будівництво склотарного заводу.

Історично так склалося, що виробництво склотари в Україні - вкрай нерівномірне. Принцип максимального наближення виробників склотари до її споживачів не реалізується в деяких регіонах.

Тому точкою будівництва заводу обране місто Шепетівка Хмельницької області. Для цього є всі необхідні передумови: магістральний природний газ, транспортні артерії, робоча сила, підприємства-користувачі продукції. Потенційним ринком збуту продукції можуть стати сусідні країни Європи.

В даному проекті передбачений проект заводу потужністю 245 млн виробів за рік у 0,5 літровому обчисленні.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 1.1 Світовий досвід і новітні тенденції в склотарній галузі

Виробництво тарного скла – найбільша галузь скляної промисловості в Європі. В ЄС функціонує більше 70 компаній галузі, що оперують приблизно 140 підприємствами із близько 300 скловарними печами. На підприємствах галузі задіяні близько 50000 чоловік. Тарне скло виробляється практично у всіх країнах ЄС.

Тара для напоїв становить близько 75 % по масі від загальної кількості виробленої тари; близько 20 % займає виробництво тари для харчової промисловості, в основному – широкогорлої. При цьому важливою частиною сектора є також виробництво дорогих ємностей для фармацевтичної й парфумерної промисловості, відповідно до 5 %.

Значним внеском у розвиток галузі є використання вторинного скла. Середня частка застосування вторинного (після використання) скла в тарній підгалузі ЄС становить близько 50 % від використовуваних сировинних матеріалів, причому деякі підприємства застосовують до 90 % вторинного скла.

Важливою характеристикою підгалузі є відносно малі відстані доставки, обмежені декількома сотнями кілометрів.

Виробництво тарного скла здійснюється практично винятково за допомогою секційних машин.

Виробництво скла представляє капіталомістку галузь промисловості й таким чином вихід на ринок можливий тільки для відносно великих компаній зі значними фінансовими ресурсами. В цілому, відзначається тенденція передачі власності від малих до великих компаній.[2]

В цілому, печі тарної підгалузі працюють у безперервному режимі, або з невеликим проміжним ремонтом, аж до 12 років, після чого вони перебудовуються із частковою або повною заміною конструкції залежно від її стану. Власне ремонт середньої печі (продуктивність близько 250 т/добу)

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



обійдеться в 3-5 млн євро. Реальні витрати можуть бути значно вище, оскільки холодний ремонт - зручний час для модернізації процесу. Нове підприємство порівнянного розміру на непідготовленій площадці буде коштувати від 40 до 50 млн євро, включаючи створення інфраструктури й необхідне забезпечення.

Застосовувані печі в основному регенеративні з поперечним і підковоподібним напрямком полум'я. Паливо – природний газ або мазут. Продуктивність печей – 100-400 т/добу. Питоме споживання енергії на варіння – від 4 до 7 і більше ГДж/т. Використання зворотного склобою – від 10 до 80 %.

В останні десятиліття в основному для виробництва скла в ЄС використовувалося рідке паливо, хоча зараз зростає використання природного газу. Багато великих печей обладнані таким чином, що можуть використовувати й рідке паливо й природний газ, і цілком звичайною є ситуація, коли печі, що в основному використовують природний газ, спалюють в одному або двох пальниках рідке паливо. Третім звичайним джерелом енергії для виробництва скла є електроенергія, що може використовуватися або як єдине джерело, або в комбінації з викопними паливами.

Звичайно енергія, необхідна для скловаріння, відповідає більше 75 % загального енергоспоживання склоробного виробництва. Іншими значимими напрямками енергоспоживання є живильники, процес формування, відпал, обігрів підприємства й загальне забезпечення.

Типовий розподіл споживання для склотарного виробництва: скловарні печі, включаючи виробкову частину – 79 %, живильники – 6 %, стиснене повітря – 4 %, охолодження форм – 2 %, печі відпалу – 2 % і інше – 6 %.

Реальна потреба в енергії в різних підгалузях варіює в широких межах і становить від приблизно 3,5 до більш ніж 40 ГДж/т. Ця величина істотно залежить від конструкції печі, масштабів і методу виробництва. Однак більша частка скла виробляється в великих печах, і енергоспоживання на скловаріння звичайно не перевищує 8 ГДж/т.

Сучасна регенеративна піч може мати загальну теплову ефективність близько 50 % (максимально 60 %), причому втрати з димовими газами

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

становлять близько 20 %, а втрати через огородження – основну частину втрат, що залишилися. Теплова ефективність порівнянна з іншими великомасштабними процесами спалювання, зокрема, виробництвом електроенергії, що звичайно має теплову ефективність близько 30 %.

Питомі втрати тепла від вогнетривкої кладки в навколишнє середовище обернено пропорційні розмірам печі. Електричні печі й печі із примусовим кисневим дуттям звичайно мають кращі питомі характеристики в порівнянні з печами на викопному паливі, але мають і пов'язані з ними недоліки.

Використання електропідігрівання підвищує ефективність печі. Однак якщо взяти до уваги вартість електроенергії й ефективність виробництва й розподілу енергії, загальна зміна стає менш значною або навіть негативною. Електропідігрівання звичайно використовується для підвищення продуктивності печі, а не для підвищення її енергоефективності.

Використання склобою може істотно знизити споживання енергії, оскільки хімічна енергія, необхідна для плавлення сировинних матеріалів, уже поглинена. Звичайне підвищення частки склобою на кожні 10% призводить до зниження споживання енергії на варіння на 2-3 %.

Примусове кисневе дуття також може знизити споживання енергії, особливо для малих печей. Видалення основної частки азоту з атмосфери горіння зменшує об'єм димових газів на 60-80 %. Таким чином, немає необхідності в нагріванні атмосферного азоту до температур полум'я.

Як уже відзначене, склотарне виробництво - найбільша підгалузь у ЄС. Функціонують близько 300 печей різних типів: регенеративні з поперечним напрямком полум'я, регенеративні з підковоподібним напрямком полум'я, рекуперативної, електричні, печі із примусовим кисневим дуттям. Потужність печей варіює від менш ніж 50000 т у рік (10000 для виробництва парфумерної тари) до більш ніж 150000 т на рік.

Продукція даної підгалузі практично винятково виробляється з натрій-кальцій-силікатного скла, таким чином, розходження у використовуваних сировинних матеріалах обмежені.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відношення вхідного потоку сировинних матеріалів до одержуваної скломаси може відрізнятися залежно від частки використовуваного склобою, що впливає на газоподібні втрати сировинних матеріалів при скловарінні. Сушіння й вигар шихти можуть визначати втрати від 3 % до 20 % вхідного потоку, і 1 т склобою замінює приблизно 1,2 т шихти. Частка склобою становить від 50 % до більш ніж 90 %, коли основна частка відходів скла направляється на переробку в печі.

### *1.1.1 Вибір методів для оптимізації енергоспоживання у скловарінні*

Виробництво скла являє собою надзвичайно енергоємний процес, і вибір джерела енергії, методів нагрівання й утилізації теплоти є визначальним для розробки конструкції печі, енергоефективності й економічної ефективності процесу. Ті ж фактори визначають екологічну результативність процесу. Економія енергії зв'язана не тільки з економічними вигодами, але й з підвищенням екологічної результативності, зокрема, за рахунок зниження питомих викидів в атмосферу, включаючи CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> і SO<sub>2</sub>, а також твердих часток.

Вибір метода скловаріння визначається економічними й технологічними факторами, основні з яких наступні: бажана продуктивність, склад скла, зв'язані капітальні й поточні витрати протягом тривалості кампанії печі, у т.ч. ціни на паливо, існуюча інфраструктура. При цьому технологічні й економічні вимоги є визначальними. [3]

Кожний з методів скловаріння має свої переваги, недоліки й обмеження.

Використовуються наступні типи печей:

- Для виробництва великих об'ємів скла (більше 500 т/добу) практично завжди використовуються регенеративні печі з поперечним напрямком полум'я.
- Для печей середньої продуктивності (від 100 до 500 т/добу) звичайно віддають перевагу конструкції з підковоподібним напрямком полум'я, хоча застосовуються й регенеративні печі з поперечним напрямком полум'я,

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рекуперативні печі прямого нагрівання, а в ряді випадків - печі із примусовим кисневим дуттям або електричні печі.

— Для установок малої продуктивності (від 25 до 100 т/добу) звичайно використовуються рекуперативні печі прямого нагрівання, регенеративні печі з підковоподібним напрямком полум'я, електричні печі й печі із примусовим кисневим дуттям.

У скляній галузі продовжує зростати використання природного газу, що визначається його високою чистотою, легкістю керування процесом, і відсутністю необхідності в ємностях для його зберігання. Багато компаній також віддають перевагу природному газу рідкому паливу для того, щоб знизити викиди оксиду сірки.

Багато великих печей обладнані таким чином, щоб використовувати й природний газ і рідке паливо, і для зміни палива потрібно тільки зміна пальників. У багатьох випадках постачання газом у пікові періоди може бути непостійним, і це викликає необхідність зміни палива. Цілком звичайною також є практика застосування рідкого палива на одній-двох парах пальників печей.

Третім типовим джерелом енергії для скловаріння є електроенергія. Вона може використовуватися як єдине джерело й у комбінації з викопним паливом. Електроенергія може застосовуватися для передачі енергії трьома основними способами: резистивне нагрівання, коли струм проходить через скломасу; індукційне нагрівання, коли теплота вводиться за рахунок магнітних полів; і шляхом використання нагрівальних елементів. Комерційне застосування в скляній промисловості знайшов тільки перший спосіб.

### *1.1.2 Сучасні тенденції вдосконалення технології*

#### **1) Зменшення співвідношення повітря-паливо**

Звичайно печі працюють при надлишку повітря в 5-10 % (тобто при надлишку кисню в 1-2 %) для забезпечення повного згоряння. Шляхом зниження співвідношення повітря-паливо до рівнів, близьких до стехіометричних, можна досягти істотної економії енергії й зниження

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

утворення  $\text{NO}_x$ . Для того щоб ефективно використовувати цей метод, необхідно постійно контролювати вміст  $\text{NO}$ ,  $\text{CO}$  і  $\text{O}_2$  у димових газах. Якщо горіння виявиться нижче стехіометричного, зросте концентрація  $\text{CO}$ , зміняться окислювально-відновні умови скломаси й може прискоритися руйнування вогнетривів.

## 2) Використання склобою

Використання стороннього склобою при виробництві скла може істотно знизити споживання енергії й може здійснюватися на всіх типах печей. Більшість підгалузей у нормальному режимі вдруге використовують весь внутрішній склобій. Частка склобою в завантажувальній об'ємі, що, звичайно перебуває в діапазоні від 10 до 25 %.

Склобій має більше низькі вимоги по енергії, необхідної для плавлення, ніж сировинні матеріали шихти, оскільки вже пройшли ендотермічні реакції, пов'язані з формуванням стекла, і маса склобою вже менше приблизно на 20 % у порівнянні з еквівалентною кількістю шихти. Таким чином, збільшення частки склобою в матеріалах, що завантажуються, потенційно дозволяє заощадити енергію; як загальне правило можна вважати, що кожні додаткові 10 % склобою приводять до зниження споживання енергії пичню на 2,5- 3,0 %.

Використання склобою у виробництві тарного скла варіює від менш ніж 20 % до більше 90 %; середнє значення для ЄС становить близько 48 %. Частка скла, що переробляється вдруге, істотно розрізняється в країнах ЄС залежно від практично діючих схем збору використаного скла від споживачів. Для продукції тарного скла високої якості використовуються більше низькі частки стороннього склобою в порівнянні зі стандартною продукцією.

## 3) Підігрів шихти й склобою

Звичайно шихта й склобій вводяться в піч у холодному стані, однак існує можливість нагрівання шихти й склобою за рахунок використання надлишкової теплоти димових газів, що забезпечує істотну економію енергії. Метод, природно, застосовується тільки до паливних скловарних печей.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4) Прямий підігрів

Цей метод використовує прямий контакт між димовими газами й сировиною (склобоек і шихтою) при протилежному їхньому русі. При цьому досягається нагрівання склобою до 400 °С.

#### 5) Непрямий підігрів

Непрямий підігрівник у принципі являє собою протиточний теплообмінник з теплообміном через пластину, на якій нагріваються сировинні матеріали. Він спроектований у вигляді окремих модулів і складається з окремих теплообмінників, розташовуваних один над одним.

#### 6) Кисневе дуття

Цей метод заснований на заміні повітря для горіння киснем (чистотою більше 90 %). Кисень може або доставлятися на площадку, або вироблятися на ній. За винятком дуже маленьких установок необхідні обсяги кисню звичайно визначають необхідність у самостійному виробництві кисню. Кисневі установки на підприємстві забезпечуються також сховищем рідкого кисню.

У цілому печі із примусовим кисневим дуттям засновані на конструкції печі прямого нагрівання, мають кілька бічних пальників і один порт димових газів. Сучасні печі мають конструкцію, оптимізовану для використання кисню й мінімізації утворення NO<sub>x</sub>. Однак в печах із примусовим кисневим дуттям не використовуються методи утилізації надлишкової теплоти для нагрівання кисню, що надходить на горіння, у зв'язку з вимогами безпеки.[4]

### 1.2 Сучасний стан склотарної галузі України

Скляна промисловість України представлена великою кількістю заводів, що з кожним роком тільки нарощують виробництва тарного скла. У той же час, високими темпами зростає експорт української склотари. Випускаючи конкурентоспроможну продукцію, вітчизняні компанії не зациклюються на внутрішньому ринку, а успішно знаходять зарубіжних покупців. В табл. 1.1 представлена динаміка зовнішньоторгового балансу на ринку склотари для алкогольної і слабоалкогольної продукції в Україні.[5]

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Динаміка зовнішньоторгового балансу на ринку склотари для алкогольної і слабоалкогольної продукції в Україні

Рік	2014	2015	2016	2017
Кількість млн шт.	243,5	340,2	417,7	654,9

Розглянемо основні заводи, що представляють ринок скляної тари в Україні.[6]

1) ПрАТ "Ветропак Гостомельский склозавод"

Розташування: смт Гостомель, Київська обл.

Група «Ветропак» - один із провідних європейських виробників склотари. За ISO 9001 сертифіковані 18 скловарних печей із загальною виробничою потужністю 4000 тонн тарного скла в добу. Три скловарні печі й вісім машинних ліній забезпечують продуктивність 840 тонн скломаси на добу (з яких 220 тонн - біле скло, 220 - коричневе й 400 - зелене).[7]

2) ВАТ «Мереф'янський скляний завод»

Розташування: м. Мерефа, Харківська обл.

В асортименті виробництва полегшена тара (Технологія NNPB (Narrow Neck Press and Blow) – вузькогорле пресовидування вирізняється тим, що звичайно для виробництва вузькогорлої тари використовується процес подвійного видування, а для виробництва широкогорлої тари (банок) – процес пресовидування.

3) ПрАТ «Рокитнівський скляний завод»

Розташування: смт. Рокитне, Рівненська обл.

ВАТ “Рокитнівський скляний завод” - це новітнє високорозвинене підприємство, яке спеціалізується на виробництві ексклюзивної склотари, якої потребує сучасний споживач. Компанія спеціалізується на виготовленні пляшок білого і зеленого кольору місткістю від 0,2 до 1,0 літра.[8]

4) ЗАТ «Костопільський завод скловиробів»

Розташування: м. Костопіль, Рівненська обл.

В 2000 р. два скляних заводи - ВАТ "Гостомельський склозавод" і ВАТ "Костопільський склозавод утворили ЗАТ" Костопільський завод скловиробів".

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після розробки і будівництва нової скловарної печі й монтажу двох склоформувальних машин IS-6-2. отримано першу продукцію – медичну склотару. На підприємстві було освоєне випуск парфумерної склотари та склотари для напоїв.[9]

5) ТОВ «Малинівський склозавод»

Розташування: смт. Малинівка, Харківська обл.

Малинівський склозавод виготовляє високоякісну склотару з прозорого скла для лікєро-горілочної й консервної промисловості. Основу склопродукції становить виробництво пляшки. Ємності скляної пляшки, що випускаються, 200 мл до 1000 мл, а розмаїтість форм виробів робить більшим асортимент для задоволення попиту споживачів склотари. Малинівський скляний завод виробляє і склобанки.[10]

6) ПрАТ «Консюмерс-Скло-Зоря»

Розташування: с. Зоря, Рівненська обл.

ПрАТ «Консюмерс-Скло-Зоря» - один із основних виробників стандартної й ексклюзивної склотари в Україні. Є частиною групи одного із найбільших виготовлювачів скляних виробів у цілому світі Saint-Gobain Packaging (Канада) і пропонує своїм клієнтам високоякісну продукцію, виготовлену з дотриманням міжнародних стандартів.[11]

Нові технології дають змогу значно зменшити вагу склотари й забезпечити рівномірний розподіл скла по краях пляшки, що робить її більш міцною і зменшує відсоток браку при транспортуванні й на лініях розливу.

7) ТОВ «Пісківський завод скловиробів»

Розташування: с. Пісківка, Київська обл.

Пісківський завод скловиробів - завод з виробництва широкого асортименту якісної склотари.

На заводі встановлене новітнє устаткування по виробництву склотари (банок і пляшок різних ємностей і дизайну) провідних компаній миру: Zippe (Німеччина), HORN (Німеччина), Zorg (Німеччина), Emhart (Швейцарія).

Асортимент виробництва різного роду пляшки та банки.[12]

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Асортимент продукції та вимоги стандартів

Даний проект передбачає випуск вузькогорлої склотари:

- пляшки ємністю 0,5 літра для горілчаних виробів (ексклюзивні);
- пляшки ємністю 1,0 літр для горілчаних виробів;
- пляшки ємністю 0,33 літри для соків;
- пляшки ємністю 0,5 літра для пива.

Пляшка ексклюзивна для горілки ємністю 0,5 літри зображена на рис. 2.1.

Вінчик - В-28-1 за ДСТУ 10117.2-2001; місткість повна -  $510 \pm 10$  мл;  
місткість номінальна - 500 мл; рекомендована маса - 425 г.[13]

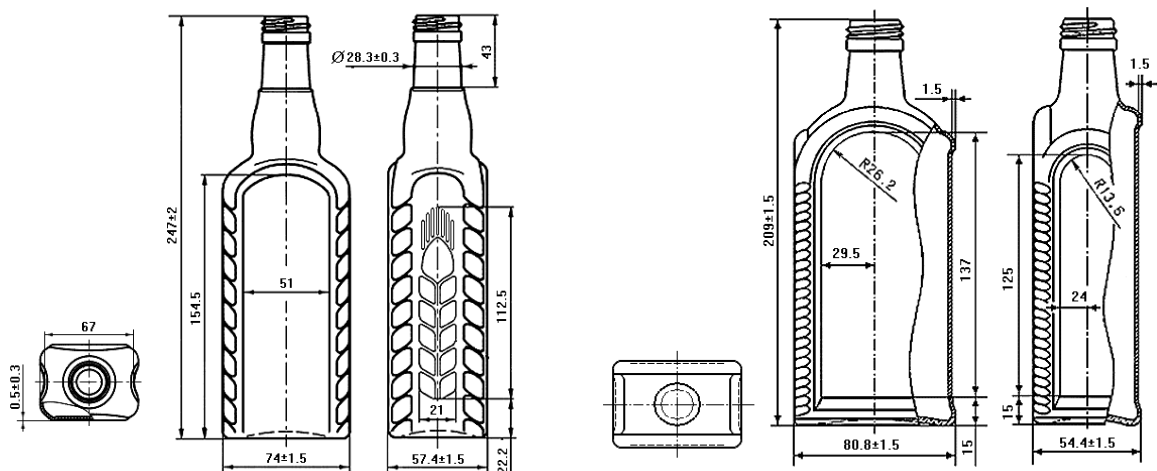


Рис. 2.1 – Пляшка ексклюзивна для горілки ємністю 0,5 літри

Пляшка для горілки ємністю 1,0 літр зображена на рис. 2.2.

Вінчик - В-28-1 ДСТУ 10117.2-2001;

місткість повна -  $1020 \pm 10$  мл;

місткість номінальна – 1000 мл;

рекомендована маса – 750 г.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

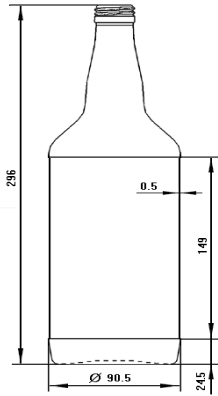


Рис 2.2 – Пляшка для горілки ємністю 1,0 літр

Пляшка для соків ємністю 0,33 л зображена на рис. 2.3.

Вінчик - СХ-43; ДСТУ 10117.2-2001; місткість повна -  $330 \pm 15$  мл; місткість номінальна – 310 мл; рекомендована маса – 300 г.

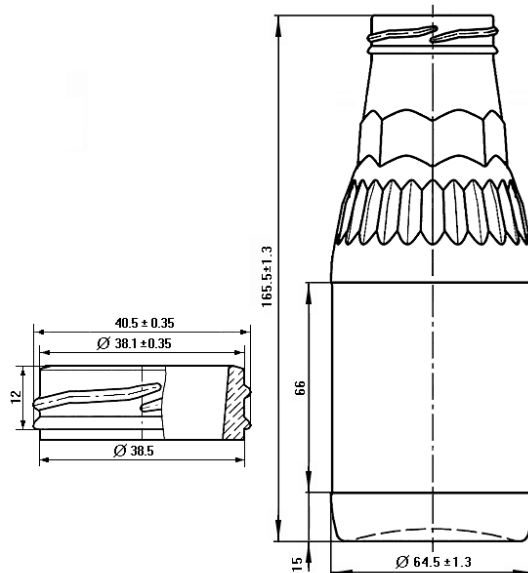


Рис 2.3 – Пляшка для соків ємністю 0,33 л

#### Технічні вимоги

Пляшки виготовляють зі скла за ДСТУ 21-003-2001 «Тара скляна для харчових продуктів. Марка скла». Пляшки повинні відповідати вимогам даного стандарту й технологічних регламентів.

На пляшках не допускаються:

- наскрізні посічки, прилипи скла, гострі шви;
- скляні нитки на внутрішній поверхні;
- відколи;
- відкриті міхури на внутрішній поверхні;

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- сторонні включення, що мають навколо себе посічки й тріщини;
- закриті міхури розміром не більше 1 мм у зосередженому виді;
- незмивні забруднення;
- непрозорі міхури розміром більше 5 мм і в кількості більше 1 шт.;
- різко виражені складки, кованість і хвилястість, помітна при заповненні водою;
- поверхневі посічки довжиною більше 5 мм у зосередженому виді;
- шви висотою більше 0,3 мм на корпусі й дні пляшок, і 0,2 мм - на бічній поверхні й торці віночка горловини в діаметральному напрямку й перехідному шві на корпус вище товщини дна.

Мінімальна товщина стінок повинна бути не менш 1,5 мм і дна - 3,0 мм. На зовнішню поверхню пляшок допускається наносити захисно-зміцнювальні покриття, що дозволені до використання Міністерством охорони здоров'я.

## 2.2 Загальна характеристика виробництва

1. Сировинні матеріали і склобій надходять в цех підготовки сировини (ЦПС) по залізничному шляху, та автотранспортом.

2. Розвантажуються:

- Пісок, вапняк, склобій - грейферним краном;
- Сода - стиснутим (компресорним) повітрям або по лінії розвантаження соди, що надходить у мішках.
- Сульфат - надходить у мішках і подається по лінії у бункера дозувально-змішувального відділення (ДЗВ).
- Глинозем - надходить як у мішках так і вагоном-хопром і по лінії розвантаження подається за допомогою стиснутого повітря у силосну банку дозувально-змішувального відділення (ДЗВ).

3. Пісок, вапняк пройшовши технологічну лінію підготовки, поступають в силосні банки запасу ЦПС.

Сода - непідготовлена - транспортуються в силосні банки запасу ЦПС. Процес підготовки дана сировина проходить при транспортуванні із силосних

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

банок запасу ЦПС у витратні силосні банки дозувально-змішувального відділення (ДЗВ).

Глинозем - по лінії розвантаження подається за допомогою стиснутого повітря у витратну силосну банку ДЗВ

Сульфат у мішках зберігається на рампі. Процес підготовки він проходить при транспортуванні у витратну силосну банку дозувально-змішувального відділення (ДЗВ).

4. Сировинні матеріали із восьми силосних банок запасу ЦПС транспортуються у десять витратних банок ДЗВ.

5. У дозувально-змішувальному відділенні сировинні матеріали - компоненти шихти відважуються із десяти витратних банок і змішуються - проходить процес приготування шихти.

6. Куплений склобій проходить підготовку на лінії боємийки і транспортується у витратні бункера печі №1, та печі №2.

Власний склобій - бракована продукція і склобій машин - транспортується у витратні бункера власного склобою.

7. Підготовлена шихта, куплений та власний склобій у заданих співвідношеннях одночасно транспортуються до завантажувачів печі. Процес їх змішування проходить у елеваторі та на стрічкових транспортерах.

8. Із шихти і склобою вариться скломаса заданого хімічного складу в регенеративних скловарних печах з підковоподібним напрямком руху полум'я.

9. Зварена скломаса порціями, відповідно вазі виробу подається безпосередньо із печі живильником на склоформуючі машини. Відформовану скляну тару із машин поставляють у печі відпалу.

10. В процесі відпалу допускається нанесення захисних покриттів на основі органічних та кремнійорганічних речовин.

11. Після відпалу скляну тару контролюють на відповідність вимогам стандартів.

12. Якісні скляні вироби упаковують та відправляють на склад готової продукції.[14]

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.3 Хімічний склад скла. Сировинні матеріали

Хімічний склад скла, його фізико-хімічні властивості і методи контролю наведені в табл. 2.1 – 2.3. Хімічний склад скла відповідає: ДСТУ.21-003-2001.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад скла

Хімічний склад	за ГСТУ.21-003-2001		
	номінальне значення	допустимі відхилення	допустимі значення
SiO <sub>2</sub>	72	+ 1,5	73,5 max
		-1,5	70,5 min
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,0	+0,5	2,5 max
		-0,5	1,5 min
CaO + MgO	12,5	+ 1,5	14,0 max
		-1,5	11,0 min
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	13,5	+1,0	14,5 max
		-1,0	12,5 min
SO <sub>3</sub> не більше	0,5		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> не більше	0,1		

Таблиця 2.2 – Фізико-хімічні властивості

Група скла	Марка скла	Густина, г/см <sup>3</sup>	ТКЛР, α x10 <sup>-7</sup> 1/град. в інтервалі 20 – 400 °С, не більше	Водостійкість (гідролітичний клас), не нижче
безколірне	БТ - 1	2,44-2,52	95	III

Таблиця 2.3 - Карта контролю фізико-хімічних властивостей

№ п/п	Властивість	Періодичність контролю	Місце реєстрації контролю	ГОСТ та інструкції	Хто проводить контроль
1	Хімічний склад скла	Не менше 1 разу в тиждень	Журнал хімічної лабораторії	Методом спектрального аналізу	Хімік-аналітик
2	Густина	щоденно	Журнал хімічної лабораторії	Методом вільного осідання в суміші органічних рідин	Лаборант хім. аналізу
3	Водостійкість	1 раз в тиждень	Журнал хімічної лабораторії	За ГОСТ 13905-78	Лаборант хім. аналізу

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Характеристика сировинних матеріалів наведена в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічна характеристика сировинних матеріалів

№ п/п	Вид сировинних матеріалів	Родовище і завод - постачальник	ГОСТ,ТУ	Коротка характеристика
1	Пісок кварцовий ОВС - 020 - В ОВС-025 - 1А ВС - 050 - 1	Новоселівське родовище с.Новоселівка Ново-Володимирівського р-ну Харківської обл.	ГОСТ 22551-77	ОВС-020-В: $\text{SiO}_2$ - $99,0 \pm 0,2\%$ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ - $0,02 \pm 0,005\%$ ОВС-020-1А: $\text{SiO}_2$ - $98,5 \pm 0,2\%$ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ - $0,025 \pm 0,005\%$ ОВС-050-1: $\text{SiO}_2$ - $98,5 \pm 0,2\%$ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ - $0,05 \pm 0,005\%$
	Пісок кварцовий ОВС - 030 - В	Папернянське родовище с.Олешня Ріпкинського р-ну Чернігівської обл.	ГОСТ 22551-77	ОВС - 030 - В: $\text{SiO}_2$ - $98,5 \pm 0,2\%$ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ - $0,03 \pm 0,005\%$
2	Глинозем Марка Г - 00	Миколаївський глиноземний завод	ГОСТ 6912-87	$\text{Al}_2\text{O}_3$ - 98,93% $\text{Fe}_2\text{O}_3$ - не більше 0,03%
3	Сода кальцинована Марка А ОКП 21 3111 0200	ТОВ «НОВОХІМ»	ГОСТ 5100-85	$\text{Na}_2\text{CO}_3$ не менше 98,5%
4	Сульфат натрію ОКП 21 4111 0630	Одеський припортовий завод. ВАТ «Дунай».	ГОСТ 21458-75	$\text{Na}_2\text{SO}_4$ не менше 98,5% $\text{Fe}_2\text{O}_3$ не більше 0,008%
5	Вапняк Марка С	Нігинсько-Вербецьке родовище сmt. Сахкамінь Кам'янець-Подільського р-ну Хмельницької обл.	ДСТУ 12085-88	
6	Обезбарвлювачі Оксид кобальту Селен	Польща м.Люблін ППІ «Стандарт»	ГОСТ 4487-79 ГОСТ 5455-71	
7	Склобій	Підприємства України		

## 2.4 Вхідний контроль сировинних матеріалів

Особа, відповідальна за отримання сировинних матеріалів зобов'язана, при прибутті транспорту з сировиною, відібрати середню пробу, згідно інструкцій по відборі середньої проби сировини, і віднести її в хімічну лабораторію для аналізу.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розвантаження сировини до закінчення аналізу по вхідному контролю і заключення хімічної лабораторії забороняється.

Вхідний контроль здійснює інженер-хімік або лаборант хімічного аналізу. Вхідний контроль сировинних матеріалів наведено в додатку А (табл. А.1).

Підготовка партії сировини без дозволу хімічної лабораторії забороняється. Не допускається до закінчення аналізу використовувати у виробництві сировину, яка аналізується.

Кожна партія отриманих сировинних матеріалів повинна супроводжуватися документом про якість, в якому вказано марку сировинних матеріалів і результати випробувань на відповідність даної марки матеріалу стандарту.

*Примітка.* Куплений склобій

Дозволяється: безколірне тарне; листове безколірне; напівбіле тарне.

Забороняється: темно-зелене пляшкове; оранжеве пляшкове; армоване скло металевою сіткою; тугоплавке скло (хімічна медична тара).

Сторонні домішки: не допускаються залізні предмети, цегла, камінь, пісок, асфальт, шлак, вугілля, алюмінієва фольга та інші. Органічні домішки – не більше 2 %.

Всі сировинні матеріали перед процесом приготування шихти повинні бути відповідно підготовлені.

В залежності від виду, сировинні матеріали підлягають наступним операціям підготовки: дробленню; сушці; тонкому помелу; просіву. Запас кожного із підготовлених для шихтування матеріалу повинен бути не менше добової потреби.[15]

## 2.5 Підготовка сировинних матеріалів

Технологічні схеми підготовки сировинних матеріалів наведені на рис. 2.4 – 2.9.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.5.1 Лінія підготовки піску



Рис. 2.4 – Лінія підготовки піску

Основні операції підготовки піску:

#### 1) Сушка

Сушильний барабан обігрівається природним газом.

Спалювання газу відбувається в топці за допомогою пальника ГГВ-МГП 150. Розхід газу при  $P = 1,96$  кПа складає  $186,1$  нм<sup>3</sup>/год.

Повітря горіння в топку подається примусово за допомогою двох вентиляторів. Мінімальний тиск повітря горіння  $P_{\min} = 1$  кПа = 100 мм рт. ст.

Витрата газо-повітряної суміші регулюється в ручному і автоматичному режимі по температурі відхідних газів.

Температура відхідних газів на виході із барабану  $T_{в.г.} = 120 \pm 20$  °С.

Тиск газу на горіння:  $P_{\min} = 1$  кПа = 0,01 кгс/см<sup>2</sup>;  $P_{\max} = 8$  кПа = 0,08 кгс/см<sup>2</sup>.

Температура сушки піску становить  $500 \pm 50$  °С.

Температура висушеного піску на виході з барабану 85-90 °С.

Температура висушеного піску перед приготуванням шихти не більше 70°С. Вологість висушеного піску не більше 0,1%. [16]

#### 2) Магнітна сепарація

Максимальна ефективність досягається при рівномірному розподіленні сировини по всій ширині барабана. Для забезпечення довготривалості роботи

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



магнітів, застосовується внутрішнє водяне охолодження кожного з них, по спеціально передбачуваних водяних магістралях.

### 3) Просіювання

Максимальний розмір зерен піску після просіювання 0,8 мм. Просів через сито 81 отв/см<sup>2</sup> (№ сітки 08, розмір комірки 0,8 мм, товщина дроту 0,3 мм).

В табл. 2.5 наведено обладнання, технічна оснастка підготовки піску.[17]

Таблиця 2.5 – Обладнання, технічна оснастка підготовки піску

№ п\п	Назва	Марка тип	Паспортна потужність	Кількість
1	2	3	4	5
1	Кран мостовий грейферний		5 т	2
2	Вібророзвантажувач (використовується на змерзлий матеріал)	ДП - 32 У ХЛ	70 т/год	2
3	Приймальний бункер з решіткою	—	8 м <sup>3</sup>	1
4	Живильник хиткий	КЛ - 8 - 0		1
5	Транспортер стрічковий І = 7,4 м	В = 500 мм		1
6	Сушильний барабан Ø 2,2м, І=10м	БН-2.2-10ну 03		1
7	Вентилятор подачі повітря горіння №1			1
8	Вентилятор подачі повітря горіння №2			1
9	Елеватор Н=11898 мм	Л-250-Г	50 м <sup>3</sup> /год	1
10	Сито полігональне 2510×1150×1065 мм	174М1	10 м <sup>3</sup> /год	1
11	Магнітний сепаратор	ЛМО -10000	10 т/год	1
12	Вібrolоток	Нестандартне обладнання		1
13	Елеватор Н = 24398 мм	Л-250-Г	50 м <sup>3</sup> /год	1
14	Розподілююча течка з шиберною засувкою на два стрічкових транспортери: - подачі піску в силосну банку запасу ЦПС; - подачі піску у витратну силосну банку ДЗВ.	Нестандартне обладнання		1

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.5.2 Лінія підготовки вапняку

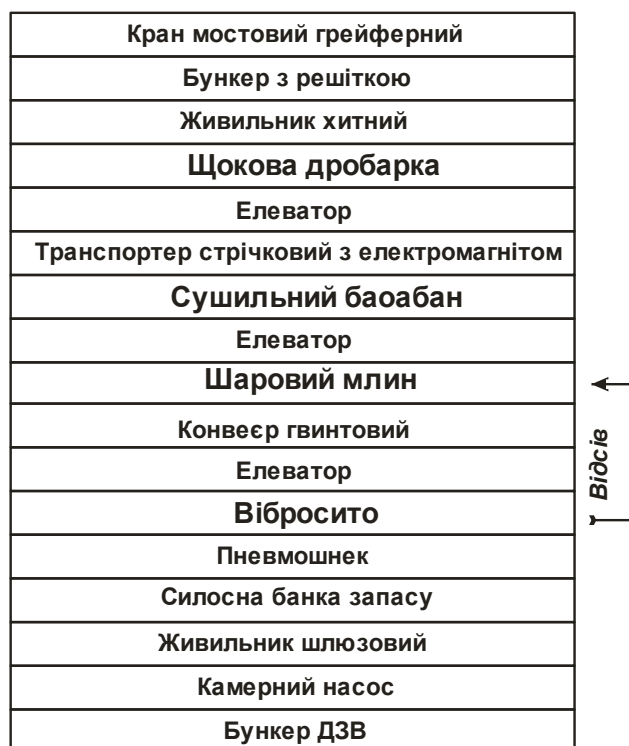


Рис. 2.5 – Технологічна схема підготовки вапняку

В таблиці 2.6 наведені основні операції по підготовці вапняку.

Таблиця 2.6 – Основні операції підготовки вапняку

№	Операції підготовки	Вимоги до операції
1	Дроблення вапняку	Максимальний розмір кусків перед дробленням 60 мм. Розмір кусків після дроблення не більше 25 – 35 мм.
2	Електромагнітна сепарація	Оптимальні параметри $I = 13 \text{ A}$ ; $U = 140 \text{ В}$ .
3	Сушка вапняку	Спалювання газу відбувається в топці за допомогою пальника ПІВ – 700. Повітря горіння в топку подається примусово за допомогою двох вентиляторів. Мінімальний тиск повітря горіння $P_{\min} = 1 \text{ кПа} = 100 \text{ мм в. ст.}$ Тиск газу на горіння: $P_{\min} = 1,0 \text{ кПа} = 0,01 \text{ кгс/см}^2$ ; $P_{\max} = 8,0 \text{ кПа} = 0,08 \text{ кгс/см}^2$ ; - Температура сушки - не більше $400 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (при більш високих температурах починається термічна дисоціація). - Вологість висушеного вапняку не більше 0,2 - 0,3%;
4	Тонкий помел вапняку	Тонкий помел до 3 мм.
5	Просіювання	Максимальний розмір зерен 3 мм.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В табл. 2.7 наведено обладнання, технічна оснастка підготовки вапняку.

Таблиця 2.7 – Обладнання, технічна оснастка підготовки вапняку

№ п\п	Назва	Марка, тип	Паспортна потужність	Кількість
1	Мостовий грейферний кран вантожопід'ємністю 5 т	5т40-22,5	5 т	2
2	Приймальний бункер цокової дробарки		18 м <sup>3</sup>	1
3	Живильник хиткий	ПК- 1,2-8	210 м <sup>3</sup> /год	1
4	Дробарка цокова	СМД-109А	35м <sup>3</sup> /год	1
5	Елеватор Н = 9598 мм	Л-250-Г	50м <sup>3</sup> /год	1
6	Стрічковий транспортер І = 3300 мм			1
7	Електромагніт	ОПЕ-50-230 4ХЛ4		1
8	Сушильний барабан Ø = 1,0м, І=8м	СМ1013	3,5 т/год	1
9	Вентилятор подачі повітря в топку барабану			1
10	Вентилятор подачі повітря в топку барабану			1
11	Елеватор Н = 8098 мм	Л-250.00.000- 05 Г-1-У2	50 м <sup>3</sup> /год	1
12	Млин шаровий	МШ 25,5х14,5	16 т/год	1
13	Конвеєр гвинтовий Ø <sub>гвинта</sub> = 320 мм, І = 4м	КВГ 1-32-25П	не > 2,6 т/год	1
14	Елеватор Н = 12948 мм	Л-250.00.000- 03 Г-1-У2	50 м <sup>3</sup> /год	1
15	Вібро-сито	Н.О.	10 м <sup>3</sup> /год	1
16	Пневмошнек	ППВ-60 (ТА- 19А)	60 т/год	1
17	Система пневмотранспорту			
18	Силосна банка запасу ЦПС з шиберною засувкою		333,8 м <sup>3</sup>	1
19	Живильник шлюзовий Ø <sub>ср.ротора</sub> = 300 мм	Ш 5-30	16,6 м <sup>3</sup> /год	1
20	Камерний насос	Тип В 500	3-5 м <sup>3</sup> /год	1
21	Система пневмотранспорту			
22	Витратна силосна банка ДЗВ	-	103,8 м <sup>3</sup>	1
23	Відсів після сита по наклоній течії потрапляє в млин кульковий			

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.5.3 Лінія підготовки сульфату

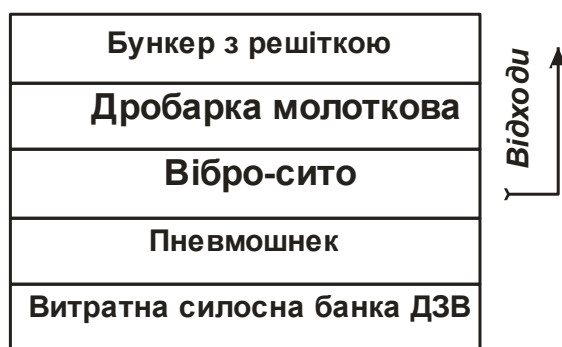


Рис. 2.6 – Технологічна схема підготовки сульфату

В табл. 2.8 наведені основні операції по підготовці сульфату.[18]

Таблиця 2.8 – Основні операції підготовки сульфату

Операції підготовки	Вимоги до операцій
Помел	Помелу підлягає весь сульфат. Після помелу сульфат подається на просіювання.
Просіювання	Просів через сито $\varnothing_{\text{отв}} 2 \text{ мм}$ .
Транспортування	Сульфат транспортується лінією пневмотранспорту в силосну банку ДЗВ.

В табл. 2.9 наведено обладнання, технічна оснастка підготовки сульфату.

Таблиця 2.9 – Обладнання, технічна оснастка підготовки сульфату

№ п/п	Назва	Марка, тип	Паспортна потужність	Кількість
1	Дробарка молоткова	СМЛ-112А	12 - 15 т/год	1
2	Вібро-сито	Нестандартне обладнання	10 м <sup>3</sup> /год	1
3	Пневмошнек	ППВ-60 (ТА-19А)	60 т/год	1
4	Система пневмотранспорту	-	-	-
5	Витратна силосна банка ДЗВ	-	11м <sup>3</sup>	1

#### 2.5.4 Лінія підготовки глинозему

<b>Бункер з решіткою</b>
<b>Пневмошнек</b>
<b>Витратна силосна банка ДЗВ</b>

Рис. 2.7 – Технологічна схема підготовки глинозему

Наведено основні операції по підготовці глинозему (табл. 2.10) та обладнання, технічна оснастка підготовки глинозему (табл. 2.11).

Таблиця 2.10 – Основні операції підготовки глинозему

Операції підготовки	Вимоги до операцій
Транспортування	Глинозем транспортується лінією пневмотранспорту в силосну банку ДЗВ

Таблиця 2.11 – Обладнання, технічна оснастка підготовки глинозему

№ п/п	Назва	Марка, тип	Паспортна потужність	Кількість
1	Бункер з решіткою		3,5 м <sup>3</sup>	2
2	Пневмошнек	ППВ-60 (ТА-19А)	не > 2,6 т/год	2
3	Система пневмотранспорту		50 м <sup>3</sup> /год	1
4	Витратна силосна банка ДЗВ			1

#### 2.5.5 Лінія підготовки соди

<b>Содовоз</b>
<b>Пневмотранспорт</b>
<b>Силосна банка</b>
<b>Шлюзовий живильник</b>
<b>Конвеєр гвинтовий</b>
<b>Дезінтегратор</b>
<b>Сито полігональне</b>
<b>Камерний насос</b>
<b>Розподілююча засувка</b>
<b>Витратна силосна банка ДЗВ</b>

Рис. 2.8 – Технологічна схема підготовки соди

					<b>МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В табл. 2.12 наведені основні операції по підготовці соди.

Таблиця 2.12 – Основні операції підготовки соди

№	Операції підготовки	Вимоги до операцій
1	Просіювання	Просів через сито $\varnothing_{\text{отв}} 2\text{мм}$
2	Транспортування	3 содовоза (цистерни) сода транспортується за допомогою стисненого повітря $P_{\text{тах в цистерні}} = 2 \text{ атм}$
3	Розподілююча засувка	Виключає можливість транспортування соди двома камерними насосами одночасно, в витратну банку ДЗВ №6
4	Дроблення	Максимальний розмір подрібнених кусків соди становить $\leq 2 \text{ мм}$

В табл. 2.13 наведено обладнання, технічна оснастка підготовки соди.

Таблиця 2.13 – Обладнання, технічна оснастка підготовки соди

№ п\п	Назва	Марка, тип	Паспортна потужність	Кількість
1	Система пневмотранспорту	-	-	3
2	Силосні банки запасу ЦПС 3,4,5	-	333,8 м <sup>3</sup>	3
3	Засувка шиберна	-	-	-
4	Конвеєр гвинтовий $\varnothing_{\text{гвинта}} = 320 \text{ мм}, I = 6\text{м.}$	КВГ 1-32-25П	не > 2,6 т/год	3
5	Сито полігональне (2510x1150x1065 мм)	174 М 1	10 м <sup>3</sup> /год	2
6	Живильник шлюзовий $\varnothing_{\text{ср.ротора}} = 300 \text{ мм}$	Ш 5-30	16,6 м <sup>3</sup> /год	1
7	Камерний насос	Тип В 500	3-5 м <sup>3</sup> /год	1
8	Розподілююча засувка	-	-	-
9	Витратна силосна банка ДЗВ №5	-	103,8 м <sup>3</sup>	2
10	Елеватор Н = 9348 мм	Л-250.00.000-07 Г-1-У2	50м <sup>3</sup> /год	1

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.5.6 Лінія підготовки привозного склобою

Кран мостовий грейферний
Бункер з решіткою
Живильник хитний
Елеватор
Миючий барабан
Транспортер стрічковий з ел. магнітом
Транспортер стрічковий сортувальний
Елеватор
Щокова дробарка
Елеватор
Розподілююча течка
Бункер з шиберною засувкою
Вібраційний лоток
Реверсивний транспортер
Транспортер з вагами
Елеватор
Силосна банка

Рис. 2.9 – Технологічна схема підготовки склобою

В табл. 2.14 наведено обладнання, технічна оснастка підготовки привозного склобою.

Таблиця 2.14 – Обладнання, технічна оснастка підготовки склобою

№ п/п	Назва	Марка тип	Паспортна потужність	Кількість
1	Кран мостовий грейферний		5т	1
2	Приймальний бункер з решіткою	-	40 м <sup>3</sup>	2
3	Живильник хиткий	ПК-1,2-12		2
4	Елеватор Н = 8400мм	ЦГ 200П	19 м <sup>3</sup> /год	2
5	Миючий барабан	Нестандарт. обладнання		2
6	Транспортер стрічковий І=10,45м	В = 500мм		1
7	Електромагніт	ОПЕ-50-230 4ХЛ4		1
8	Транспортер стрічковий І=15,5м	В = 500мм		1
9	Елеватор Н = 6600мм	ЦГ 200П	19 м <sup>3</sup> /год	1

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.15

10	Щокова дробарка	СМД 115А	3 м³/год	1
11	Елеватор Н = 11060мм	ЦГ200П	19 м³/год	1
12	Розподілююча течка			1
13	Бункер з шибровою засувкою			2
14	Вібраційний лоток	VP 500×1200		2
15	Реверсивний транспортер стрічковий І = 4100мм	В = 600	5т	1

## 2.6 Процес приготування шихти

Приготування шихти відбувається в дозувально-змішувальному відділенні.

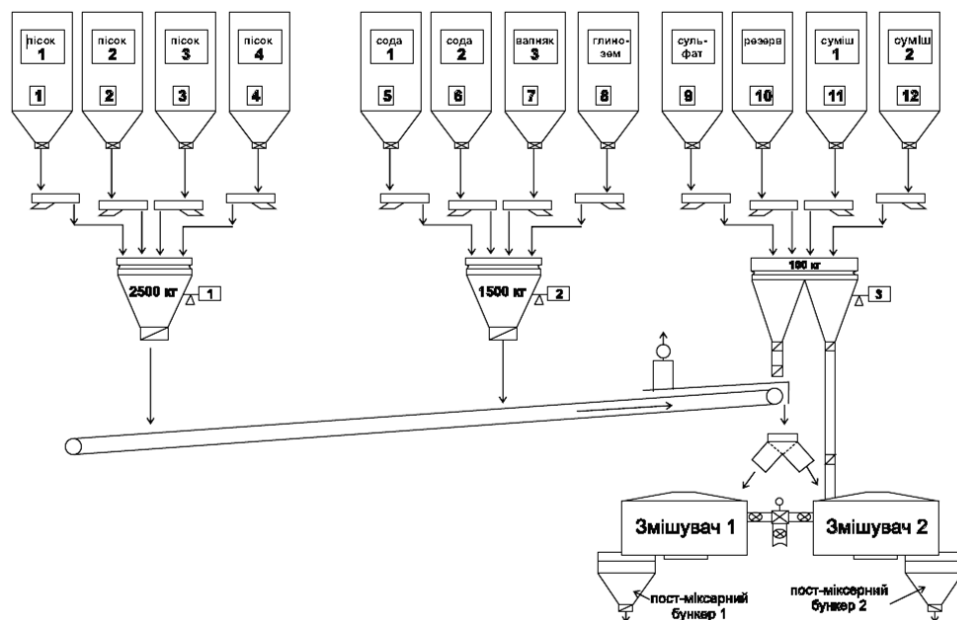


Рис. 2.10 – Схема лінії дозування та приготування шихти

Таблиця 2.15 – Порядок дозування компонентів

Вага №1	Вага №2	Вага №3
Пісок	Сода Вапняк Глинозем	Сульфат Суміш

Три ваги для дозування компонентів шихти в автоматичному режимі піддаються автоматичному таруванню перед початком відважування компонентів кожного замісу шихти.[19]



Допустимі відхилення дозування не повинні перевищувати  $\pm 0,5\%$ .

Таблиця 2.16 – Допустимі відхилення наважки компонентів шихти

Сировинні матеріали	Допустимі відхилення
Пісок	3 кг
Сода	2,5 кг
Вапняк	1,5 кг
Сульфат	0,05 кг
Глинозем	0,15 кг
Суміш	0,05 кг

### Змішування шихти

Всі компоненти із трьох ваг стрічковим транспортером подаються в міксер з деякою затримкою в часі від відважування останнього компоненту. У разі необхідності період затримки може коректуватися. Компоненти без води змішуються протягом 60 сек. Змішування з водою - 150 сек. Вода для зволоження шихти у заданій кількості поступає у міксер автоматично. При зволоженні і змішуванні шихта не повинна комкуватися.[20]

Карта контроль якості склобою та карта контролю якості шихти наведені у додатку А (табл. А.2, табл. А.3).

## 2.7 Технологічні операції по завантаженню печей шихтою та склобоєм

Операція 1. Співвідношення: шихта:склобій; склобій власний:склобій куплений

Вимоги до операції: Відхилення від заданого співвідношення не повинно перевищувати  $\pm 5,0\%$ . Допустима кількість ерклозу не повинна перевищувати 5-7% від загальної ваги власного і купленого склобою. Власний і куплений склобій піддається дробленню. Розмір кусків бою не повинен перевищувати 60 мм так як більші куски склобою порушують роботу ваг і задані співвідношення.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Операція 2. Відважування та змішування шихти і склобою

Вимоги до операції: Змішування шихти і склобою відбувається в підземній галереї. На стрічковий транспортер з шихтою, яка подається на БВШ відважується задана кількість купленого склобою. Змішування відбувається в елеваторі при одночасному його завантаженні шихтою і купленим склобоем. Під час транспортування шихти з купленим склобоем з бункера блоку прийому шихти (БПШ) до завантажувачів печі додається задана кількість свого склобою. Змішування досягається рівномірною подачею свого склобою на шар шихти

## Операція 3. Заповнення бункерів завантажувачів

Вимоги до операції: Змішані шихта і склобій системою транспортерів подаються у 2 бункери завантажувачів печі. Об'єм бункерів завантажувачів 30 м<sup>3</sup> кожен. Щоденно ранкова зміна очищає один із бункерів завантажувачів щоб попередити залягання і зависання шихти і склобою в бункерах.[21]

## Операція 4. Завантаження шихти і склобою у ванну піч

Вимоги до операції: Завантаження шихти і склобою у ванну піч здійснюється двома завантажувачами у сипочні кармани ванної печі. Завантажувачі заблоковані з автоматичним рівнеміром, що забезпечує утримування постійного рівня скломаси в печі і постійну картограму дзеркала скломаси. Два завантажувачі працюють одночасно. Завантажувачі повинні працювати не менше 75% часу, а коливання рівню скломаси не повинне перевищувати  $\pm 0,5\text{мм}$

## Операція 5. Рівень скломаси в печі

Вимоги до операції: Замір рівня скломаси у в печі відбувається за допомогою лазера, який встановлено у виробничій частині печі.[22]

Схеми ліній транспортування і завантаження бункерів завантажувачів шихтою і склобоем наведені на рис. 2.11.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

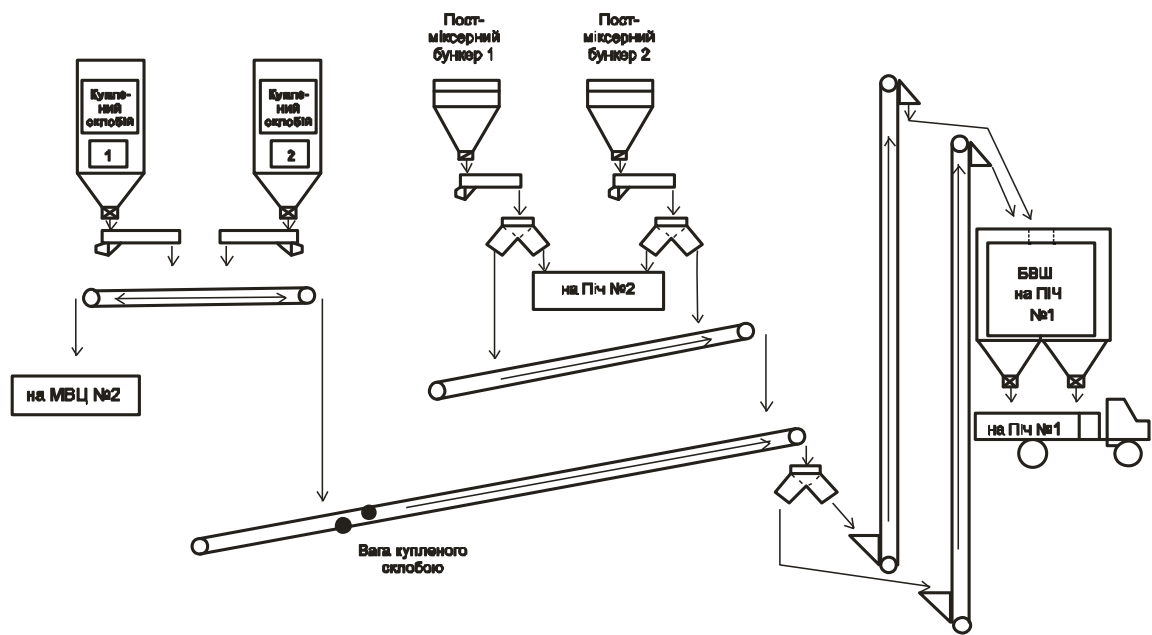


Рис. 2.11 – Схема лінії транспортування шихти та відважування власного склобою з Блоку Прийому Шихти (БПШ) до печі №1

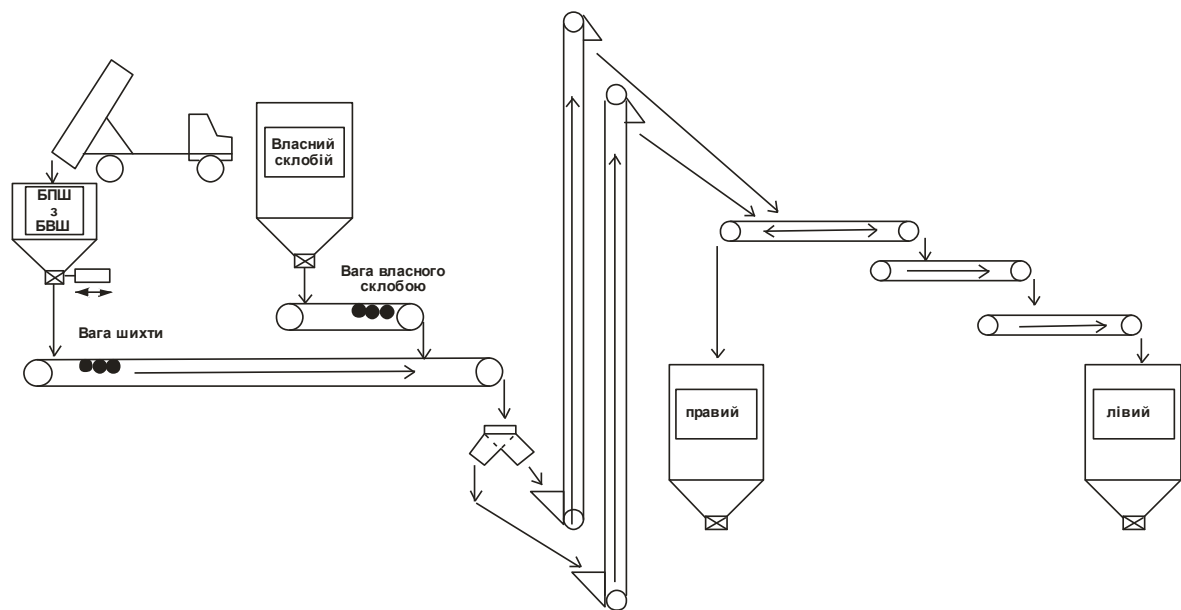


Рис. 2.12 – Схема ліній транспортування і завантаження бункерів завантажувачів печі №2 шихтою і склобоєм

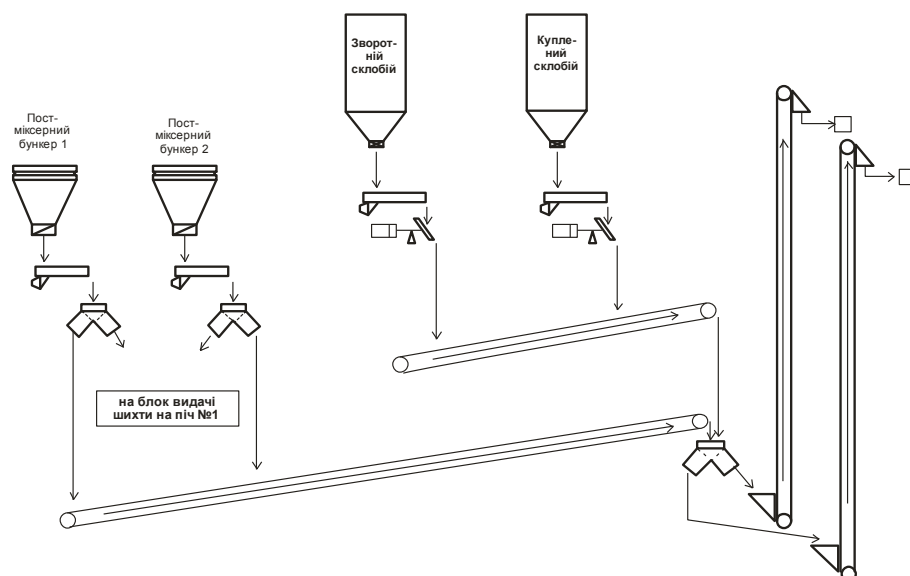


Рис. 2.13 – Схема лінії транспортування шихти та відважування склобою до печі №2

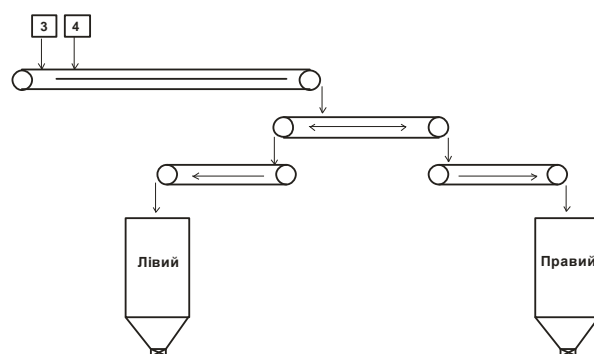


Рис. 2.14 – Схема лінії наповнення бункерів завантажувачів шихтою та склобоєм

## 2.8 Технологія скловаріння

Таблиця 2.17 – Технічна характеристика скловарної печі

№ п/п	Параметри	Значення параметру
1	Тип печі	Регенеративна скловарна піч типу СОРГ ДЕЕП-РЕФІНЕР, з попереднім нагрівом повітря
2	Напрямок полум'я	Підковоподібний
3	Скло	Тарне, безколірне
4	Продуктивність печі, т/добу	210

Продовження таблиці 2.17

5	Площа варильної частини печі, м <sup>2</sup>	71,94
6	Розміри варильного басейну, мм - довжина - ширина - глибина	10900 6600 1375/2075
7	Рівень скломаси, мм	1300/2000
8	Розріз протоку, мм	700x300
9	Питомий з'єм скломаси з 1м <sup>2</sup> варильної площі печі, т/м <sup>2</sup> /добу	2,92
10	Висота скломаси від підлоги цеху, мм	5200
11	Енергоносії	Природний газ Теплота згорання 33496 кДж/норм. м <sup>3</sup> або 8000 ккал/норм м <sup>3</sup> при 20 °С (в запасних випадках дизельне паливо)
12	Пальники	2x3 шт. сопел для подачі газу
13	Додаткове електричне отоплення варильної частини	600 кВт з 6-тьма електродами
14	Додаткове електричне отоплення зони освітлення і протоку	100 кВт з 4-ма електродами, що переключаються
15	Попередній підігрів повітря горіння	Одноходова регенеративна камера
16	Об'єм насадки, м <sup>3</sup>	240 що складає 3,34 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> варильної частини
17	Температура попередньо нагрітого повітря горіння, °С	Приблизно 1250 при температурі відхідних газів 1480 °С
18	Завантажувач шихти, шт.	2 з штовхачем
19	Розгрузка скломаси	3 фідера
20	Температура газового середовища Печі, °С	Приблизно 1480-1600 в залежності від з'єму скломаси
21	Тип регулювання	Система автоматичного регулювання: - температура варильної частини - співвідношення газ/повітря - рівень скломаси / завантажувач шихти

## 2.9 Технологія відпалу і нанесення захисних покриттів

Відпал скловиробів - це процес теплової обробки для зняття внутрішніх напруг. Відпал скла складається із декількох послідовних стадій:

- нагрівання до температури розм'якшення;

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- витримка виробів при цій температурі на протязі часу необхідного для зняття напруги;

- охолодження виробів від температури відпалювання зі швидкістю при, якій у виробках не можуть появитися нові недопустимі напруги.

Відпал скловиробів проходить на печі відпалювання Чеського виробництва Sklarske Stroj Znojmo s.r.o.[23]

Таблиця 2.18 – Параметри печі відпалу

№ п/п	Параметри	Значення параметрів
1	Тип	Sklarske Stroj Znojmo
2	Продуктивність	100 тон/доба
3	Калорійна потужність	620000 ккал/год
4	Число пальників	6 шт.
5	Число опалювальних секцій	4
6	Число змішаних секцій	5
7	Число охолоджувальних секцій	3
8	Число швидко охолоджувальних секцій	1
9	Число секцій з природним охолодженням	2
10	Число вентиляційних батарей	2
11	Число привідних секцій	1
12	Максимальний тиск газу	500 мбар
13	Зовнішня температура печі	30°C
14	Транспортна стрічка виготовлена із сталевих валок з 3,5 % вмістом хрому.	

#### Нанесення захисних покриттів

Для збільшення експлуатаційної надійності на склотару наносяться захисні покриття, які змінюють властивості поверхні скла і покращують механічні характеристики виробів:

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- збільшується гідрофобність поверхні іншими словами стійкість виробів до поверхнево-активних середовищ і вологи повітря;
- поверхня тари захищається від абразивної дії оточуючих тіл.[24]

Таблиця 2.19 – Процес нанесення захисних покриттів

Назва покриття	Обладнання	Реагент	Процес нанесення
1.Оксидно-металічне: оксидно-олов'яне	Обробка відбувається в спеціальній камері, через яку проходить гарячий конвеєр з відформованими виробами.	Пари, які отримуються возгонкою водяного розчину. Розчин STARTIN S (MBTCl) або інш.	Оксиднометалічне покриття наноситься розпиленням водного розчину і обробкою парами моно N алкил оловотрихлориду гарячої поверхні виробів. При торканні парів моно N алкил оловотрихлориду з гарячою поверхнею відбувається їх піроліз з утворенням оксидів олова, які входять в склад поверхневого шару виробів.[25]
2. Органічне покриття	Установка приєднана до охолоджувальної зони печі відпаду.	Водяна емульсія органічних рідин.	Установка наносить покриття шляхом розпилення. Органічна плівка наноситься на вироби при температурі 150 - 200 °C. Поверхнева активність органічних речовин сприяє прониканню рідини в мікротріщини. Полімеризація, яка відбувається далі, приводить до цементації мікротріщин і утворенню твердої плівки, яка міцно з'єднана з поверхнею виробів.[26]

## 2.10 Контроль якості скловиробів

Контроль якості готової продукції на заводі проводиться відділом технічного контролю (ВТК) на відповідність вимогам нормативно технічної документації (НТД). На заводі проводиться постійний, періодичний та “летючий” контроль якості готової продукції. Постійний контроль виконують контролери скляного виробництва цеху на ділянці візуального контролю і контрольно-інспекційні машини на лініях. Періодичний контроль виконують контролери скляного виробництва ВТК. Забракована продукція перетворюється в склобій. ВТК здійснює контроль за маркуванням, пакуванням та умовами зберігання продукції.[27]

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Карта контролю якості скловиробів наведена в додатку А (табл. А.4).

## 2.11 Кінцеві операції

Пакування продукції відбувається згідно ГОСТу 23285-78. Всі види продукції пакуються на піддони типу 2П04 розміром 1200x800мм по ГОСТ 9078-84.[28]

Внутрішньозаводське транспортування скловиробів. Транспортування скловиробів упакованих у піддони на склад готової продукції відбувається автотранспортом вантажопідйомністю до 2 тон.

Складування скловиробів. Піддони з продукцією в залежності від асортименту складаються в двох- або трьохрядний ярус.

Відвантаження скловиробів. Відвантаження піддонів з продукцією в залізничні вагони або на автотранспорт відбувається автозавантажувачами вантажопідйомністю до 2 тон.

## 2.12 Розрахунок складу шихти для скла

Для виробництва тарного скла візьмемо з довідникових даних хімічний склад (табл. 2.20). Скло – п'ятикомпонентне.[29]

Таблиця 2.20 – Хімічний склад тарного скла, %мас.

SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Σ
72	13,5	12	0,5	2	100

Обираємо компоненти шихти за їх хімічним і мінералогічним складом та родовищами (табл. 2.21).

Таблиця 2.21 – Сировинні матеріали для введення основних оксидів

SiO <sub>2</sub>	Пісок
Na <sub>2</sub> O	Содо-сульфатна суміш
CaO +MgO	Вапняк
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Глинозем

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Оксид натрію вводимо содо-сульфатною сумішшю.

Приймаємо, що співвідношення сульфат : сода рівне 9. Тоді в суміші буде: соди - 60 %, сульфату - 40 %.

В соді основної речовини: 99,1 %. В сульфаті основної речовини: 98,5 %.

Тоді зі стехіометричних міркувань у таблиці 2.22 показано вміст оксиду натрію в соді та сульфаті.

Таблиця 2.22 – Вміст оксидів у соді та сульфаті, %мас.

Оксид	SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Склад соди	-	58	-	-	-	-
Склад сульфату	-	43,7	-	-	-	0,008

В продуктах дегазації соди: CO<sub>2</sub> – 41,145 %. В продуктах дегазації сульфату: SO<sub>2</sub> – 45,11 %, O<sub>2</sub> – 11,28 %. При додаванні вугілля кисень дасть CO<sub>2</sub>: 15,51 %. В содо-сульфатній суміші з заданим співвідношенням вміст оксидів наступний (табл. 2.23):

Таблиця 2.23 – Вміст оксидів в содо-сульфатній суміші, %мас.

SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
-	52,28	-	-	-	0,0032

У продуктах дегазації содо-сульфатної суміші буде, %: CO<sub>2</sub> – 24,687 % (з соди); SO<sub>2</sub> – 18,04 % (з сульфату); O<sub>2</sub> – 4,51 % (з сульфату).

У разі додавання відновлювача (вугілля), замість O<sub>2</sub> буде CO<sub>2</sub> - 6,2 %.

Для розрахунку рецепту шихти на виробництво 100 кг скла складемо узагальнюючу таблицю 2.24:

Таблиця 2.24 – Оксидний склад компонентів шихти, %мас.

Компонент шихти	SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Пісок	99	-	-	-	-	0,02
Содо-сульф. суміш	-	52,28	-	-	-	0,0032
Вапняк	-	-	54,36	0,39	0,12	0,06
Глинозем	-	-	-	-	99	0,03

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єднуємо лужно-земельні оксиди (табл. 2.25).

Таблиця 2.25 – Склад сировинних матеріалів, %мас.

Компонент шихти	SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	CaO + MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Пісок	99	-	-	-	0,02
Содо-сульф. суміш	-	52,28	-	-	0,0032
Вапняк	-	-	54,75	0,12	0,06
Глинозем	-	-	-	99	0,03

Складаємо систему лінійних рівнянь, в результаті розв'язку якої отримуємо рецепт шихти (табл. 2.26).

Таблиця 2.26 – Рецепт шихти в кг на 100 кг скломаси

Компонент	Розрахункова кількість
Пісок	72,727
Содо-сульфатна суміш	25,822
Вапняк	22,831
Глинозем	1,992
Всього	123,373

Відсоток летючості соди: 3,2. Відсоток летючості сульфату: 6. Відсоток летючості содо-сульфатної суміші: 4,32. З урахуванням летючості її кількості: 26,94. При цьому летючість: 1,12.

На 100 кг скломаси необхідно шихти: 123,37 кг.

### 2.13 Матеріальний баланс процесу склоутворення

Матеріальний баланс склоутворення розрахуємо на 100 вагових частин шихти за вище обчисленим рецептом.

Вихід скла – 80,328 %. Втрати склоутворення – 19,672 %. Прийнято вологість шихти (% H<sub>2</sub>O) = 2 %.

Розраховуємо склад компонентів шихти і продуктів дегазації на 100 кг шихти (табл. 2.27).

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.27 – Кількість компонентів та виділених газів на 100 кг шихти

Компонент	Кількість	Гази		
		CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
Пісок	57,77	0,57	-	-
Содо-сульф. суміш	20,51	6,34	3,70	-
Вапняк	18,14	8,17	-	-
Глинозем	1,58	0,02	-	-
Всього	98,00	15,09	3,70	-
Волога шихти	2,00			2,00
Разом	100,00	15,09	3,70	2,00

Просумуємо всі однотипні газоподібні компоненти та визначимо вміст летких продуктів дегазації в кг на 100 кг шихти ( $G_{п.д.}$ ):

$$G_{п.д.} = 15,09 + 2 + 3,70 = 20,79 \text{ кг.}$$

Розрахуємо кількість кожного оксиду скляної матриці, що запроваджуються кожним компонентом шихти та їх суму (табл. 2.28).

Таблиця 2.28 – Склад склоутворюючих оксидів на 100 кг шихти

Компонент шихти	SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Σ
Пісок	57,192	-	-	-	-	0,012	57,204
Содо-сульф. суміш	-	10,724	-	-	-	0,001	10,724
Вапняк	-	-	9,929	0,071	0,022	0,011	9,962
Глинозем	-	-	-	-	1,567	-	1,567
Баланс оксидів	57,192	10,724	9,929	0,071	1,589	0,024	79,457

Розрахуємо реальний вміст кожного оксиду та його розходження із заданим (табл. 2.29).

Таблиця 2.29 – Порівняння заданого і розрахункового складу

Оксид	SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Заданий склад	72,00	13,50	12,00	0,50	2,00	-
Розрахунковий склад	71,98	13,50	12,41	0,09	2,00	0,03
Розбаланс	-0,02	0,00	0,41	-0,41	0,00	0,03

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Визначимо вихід кожного газоподібного компонента в м<sup>3</sup> на 100 кг шихти та загальну кількість летких продуктів дегазації, а також їх відсотковий вміст за масою та за об'ємом.

Результати розрахунків представлені у вигляді таблиці (табл. 2.30).

Таблиця 2.30 – Баланс продуктів дегазації на 100 кг шихти

Компонент	кг/100 кг шихти	Густина, кг/м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup> / 100 кг шихти	% за масою	% за об'ємом
CO <sub>2</sub>	15,09	1,977	7,63	72,58	66,85
H <sub>2</sub> O	2,00	0,804	2,49	9,62	21,79
SO <sub>2</sub>	3,70	2,852	1,30	17,80	11,36
Сума	20,79	-	11,42	100	100

Кількість летких продуктів у шихті (на 100 кг шихти) складає: в масових одиницях:  $G_{п.д.} = 20,79$  кг/100 кг; в об'ємних одиницях:  $V_{п.д.} = 11,42$  м<sup>3</sup>/100 кг.

Враховуємо витрати склобою на 100 кг шихти -  $G_{\delta}$ . Співвідношення: шихта/бій складає:  $100/G_{\delta}$ . Прийнято кількість поверненого бою:  $G_{\delta} = 30$  %.

Тоді на 1 кг шихти можна одержати скломаси:

$$G_c = 1 - \frac{G_{п.д.}}{100} + \frac{G_{\delta}}{100} = 1 - \frac{20,79}{100} + \frac{30}{100} = 1,092 \text{ кг скла.}$$

Кількість введеної шихти для отримання 1 кг скломаси:

$$G_{ш} = \frac{1}{G_c} = \frac{1}{1,0921} = 0,9157 \text{ кг.}$$

Кількість бою на 1 кг скломаси:

$$g_{\delta} = \frac{0,01 \cdot G_{\delta}}{G_c} = \frac{0,01 \cdot 30}{1,0921} = 0,2747 \text{ кг.}$$

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 ТЕПЛО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Розрахунок горіння палива

Розрахунок горіння палива проводимо з метою визначення витрати повітря, що необхідне для горіння; кількість, склад та температуру горіння утворених продуктів.[30]

Природний газ має наступний склад (табл. 3.1):

Таблиця 3.1 – Склад сухого газу, % об.

$CH_4^C$	$C_2H_6^C$	$C_3H_8^C$	$C_4H_{10}^C$	$C_5H_{12}^C$	$CO_2^C$	$N_2^C$	$\Sigma$
95	0,2	0,2	0,1	-	2,5	2	100,0

Коефіцієнт витрати повітря на спалення газу  $\alpha = 1,2$ . Повітря для горіння нагрівається до температури 1200 °С. Прийнято вміст води в газі 1,0 %.

Перерахуємо склад сухого газу на вологий робочий газ (табл.3.2).

$$CH_4^{БЛ} = CH_4^C \frac{100 - H_2O}{100} = 95 \cdot 0,99 = 93,1 \%$$

Таблиця 3.2 – Склад вологого робочого газу, % об.

$CH_4^{БЛ}$	$C_2H_6^{БЛ}$	$C_3H_8^{БЛ}$	$C_4H_{10}^{БЛ}$	$C_5H_{12}^{БЛ}$	$CO_2^{БЛ}$	$N_2^{БЛ}$	$H_2O^{БЛ}$	$\Sigma$
93,1	0,196	0,196	0,098	-	2,45	1,96	2	100,0

Розрахуємо теплотвірну здатність палива за формулою:

$$Q_H^P = q_1 \% CH_4 + q_2 \% C_2 H_6 + \dots + q_n \% C_n H_{2n+2}, \quad (3.1)$$

де  $q_n$  - нижча теплотворність газів кДж/м<sup>3</sup>;

$\%C_n H_{2n+2}$  – об'ємна частина компонентів палива.

Визначимо теплоту згорання газу:

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$Q_H = 358,2 \cdot CH_4 + 637,5 \cdot C_2H_6 + 912,5 \cdot C_3H_8 + 1186,5 \cdot C_4H_{10} + 1460,8 \cdot C_5H_{12} \text{ кДж/м}^3,$$

$$Q_H = 358,2 \cdot 93,1 + 637,5 \cdot 0,196 + 912,5 \cdot 0,196 + 1186,5 \cdot 0,098 = 33768,5 \text{ кДж/м}^3,$$

Витрата повітря на горіння

Необхідну кількість повітря для горіння визначаємо за теоретичною кількістю кисню, що вступає в реакції окислювання, з урахуванням надлишку, що забезпечить повне згоряння палива.

В розрахунках приймаємо наступний склад повітря: азот – 79 %; кисень – 21 % за обсягом.

Витрата повітря теоретично необхідна для горіння:

$$L_O = 4,76V_{O_2}, \text{ м}^3/\text{м}^3, \quad (3.2)$$

де  $V_{O_2}$  — теоретично необхідний обсяг кисню.

Витрату сухого газу, теоретично необхідну для горіння, визначаємо за наступною формулою:

$$L_O = 0,0476(2 \cdot CH_4 + 3,5 \cdot C_2H_6 + 5 \cdot C_3H_8 + 6,5 \cdot C_4H_{10} + 8 \cdot C_5H_{12}), \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

$$L_O = 0,0476(2 \cdot 93,1 + 3,5 \cdot 0,196 + 5 \cdot 0,196 + 6,5 \cdot 0,098) = 8,97274 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Тоді теоретично необхідна кількість сухого повітря (визначено за  $I-d$ -діаграмою  $d = 10 \text{ г/кг}$  сух. пов.):

$$L'_O = (1 + 0,0016 \cdot d) \cdot L_O = (1 + 0,0016 \cdot 10) \cdot 8,973 = 9,11631 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Дійсна витрата сухого повітря становить:

$$L_\alpha = \alpha \cdot L_O, \text{ м}^3/\text{м}^3, \quad (3.3)$$

де  $\alpha$  — коефіцієнт витрати повітря.

Дійсна кількість сухого повітря:  $L_\alpha = 10,7673 \text{ м}^3/\text{м}^3$ ; атмосферного повітря:  $L'_\alpha = 10,9396 \text{ м}^3/\text{м}^3$ .

Кількість кисню, азоту та парів води, що надійдуть з атмосфери, на  $100 \text{ м}^3$  природного газу:

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$O_2 = 2 \cdot CH_4 + 3,5 \cdot C_2H_6 + 5 \cdot C_3H_8 + 6,5 \cdot C_4H_{10} + 8 \cdot C_5H_{12} + \dots, \text{ м}^3/\text{м}^3$$

теоретично:  $O_2 = 2 \cdot 93,1 + 3,5 \cdot 0,196 + 5 \cdot 0,196 + 6,5 \cdot 0,098 = 188,5 \text{ м}^3$ ;

з урахуванням коефіцієнту надлишку:  $O_2 = 1,2 \cdot 188,503 = 226,204 \text{ м}^3$ .

$$N_2 = 3,76 \cdot O_2 = 3,76 \cdot 226,204 = 850,526 \text{ м}^3.$$

$$H_2O = 100 \cdot (L_\alpha - L_\alpha) = 100 \cdot (10,93957 - 10,76729) = 17,2277 \text{ м}^3.$$

При повному горінні палива утворюються продукти горіння  $CO_2$ ,  $H_2O$  в пароподібному стані,  $N_2$  і  $SO_2$ , з надлишком  $O_2$ .

Об'єм продуктів горіння газу знаходимо за формулою:

$$V_{CO_2} = 0,01(CO_2 + CH_4 + 2C_2H_6 + 3C_3H_8 + 4C_4H_{10} + 5C_5H_{12}), \quad (3.4)$$

$$V_{H_2O} = 0,01(2CH_4 + 3C_2H_6 + 4C_3H_8 + 5C_4H_{10} + 6C_5H_{12} + H_2O + 0,16dL_\alpha), \quad (3.5)$$

а також:

$$V_{O_2} = 0,21(\alpha - 1)L_\alpha, \quad (3.6)$$

$$V_{N_2} = 0,79L_\alpha + 0,01N_2, \quad (3.7)$$

Визначаємо кількість продуктів горіння:

$$V_{CO_2} = 0,01(2,45 + 1 \cdot 93,1 + 2 \cdot 0,196 + 3 \cdot 0,196 + 4 \cdot 0,098 + 5 \cdot 0) = 0,96922 \text{ нм}^3/\text{нм}^3,$$

$$V_{H_2O} = 0,01(2 \cdot 93,1 + 3 \cdot 0,196 + 4 \cdot 0,196 + 5 \cdot 0,098 + 6 \cdot 0 + 1 + 0,16 \cdot 10 \cdot 10,7673) = 2,0629 \text{ нм}^3/\text{нм}^3,$$

$$V_{N_2} = 0,79 \cdot 10,7673 + 0,01 \cdot 1,96 = 8,52576 \text{ нм}^3/\text{нм}^3,$$

$$V_{O_2} = 0,21 \cdot (1,2 - 1) \cdot 8,97274 = 0,37686 \text{ нм}^3/\text{нм}^3.$$

Загальна кількість продуктів горіння складає:

$$V_a = 0,96922 + 2,0629 + 8,52576 + 0,37686 = 11,9347 \text{ нм}^3/\text{нм}^3.$$

Визначаємо відсотковий склад продуктів горіння (табл. 3.3).

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 – Відсотковий склад продуктів горіння, %

CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Σ
8,12	17,28	71,44	3,16	100

Складаємо матеріальний баланс процесу горіння на 100м<sup>3</sup> газу (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Матеріальний баланс процесу горіння (на 100 м<sup>3</sup> природного газу), кг

Надходження				Витрати			
Природний газ				Продукти горіння			
Газ	V, м <sup>3</sup>	ρ, кг/м <sup>3</sup>	m, кг	Газ	V, м <sup>3</sup>	ρ, кг/м <sup>3</sup>	m, кг
CH <sub>4</sub>	93,1	0,717	66,7527	CO <sub>2</sub>	96,922	1,977	191,615
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,196	1,356	0,26578	H <sub>2</sub> O	206,29	0,804	165,857
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,196	2,02	0,39592	N <sub>2</sub>	852,576	1,251	1066,57
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,098	2,84	0,27832	O <sub>2</sub>	37,6855	1,429	53,8526
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0	3,218	0	Разом	1193,47	-	1477,9
CO <sub>2</sub>	2,45	1,977	4,84365	Відхил балансу:			0,19713
N <sub>2</sub>	1,96	1,251	2,45196	або:			0,013339 %
H <sub>2</sub> O	2	0,804	1,608				
Повітря							
O <sub>2</sub>	226,2	1,429	323,245				
N <sub>2</sub>	850,53	1,251	1064,01				
H <sub>2</sub> O	17,228	0,804	13,851				
Разом			1477,7				

Густина димових газів: 1,24 кг/м<sup>3</sup>.

### Розрахунок температури горіння палива

Тепловміст продуктів згоряння:

$$i_{3AG} = \eta \Pi \cdot \frac{Q_H^P + c_{ПОВ} \cdot t_{ПОВ} \cdot L'_a}{V'_a}, \text{ кДж/м}^3. \quad (3.8)$$

Визначаємо теоретичну температуру горіння. Знаходимо тепломісткість продуктів горіння з урахуванням:  $t_{нов} = 1200 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\alpha = 1,2$ .

За  $i - t$  діаграмою для низьких температур [31] знаходимо теплоту нагрівання атмосферного повітря:  $i'_{нов} = 1700 \text{ кДж/м}^3$ .

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Раніше було визначено:

$$L'_\alpha = 10,94 \text{ нм}^3/\text{нм}^3; V_\alpha = 11,935 \text{ нм}^3/\text{нм}^3; Q_n = 33768,5 \text{ кДж/нм}^3.$$

Розраховуємо тепловміст димових газів:

$$i_{3AG} = \frac{Q_H^P + i'_{нов} \cdot L'_\alpha}{V'_\alpha} = \frac{33768,5 + 10,94 \cdot 1700}{11,935} = 4388 \text{ кДж/нм}^3.$$

За *i-t* діаграмою для високих температур [31] знаходимо теоретичну і калориметричну температури:  $t_{теор} = 2350^\circ\text{C}$  (суцільна лінія);  $t_{кал} = 2500^\circ\text{C}$  (пунктирна лінія).

Приймаємо пірометричний коефіцієнт  $\eta = 0,75$ , тоді:

$$i_{3AG} = 4388 \cdot 0,75 = 3291 \text{ кДж/нм}^3.$$

За *i-t* діаграмою для низьких температур знаходимо практичну температуру горіння:  $t_{прак} = 1950^\circ\text{C}$ .

### 3.2 Тепловий баланс склоутворення

1) Ентальпія скломаси на кінцевій стадії варіння -  $q_m$ :

$$q_m = C_{ск} \cdot T_B \quad (3.9)$$

де  $C_{ск}$  - середня питома теплоємність скла, [кДж/(кг·К)];

$T_B$  - максимальна температура варки,  $^\circ\text{C}$ .

$$C_{ск} = 0,6725 + 4,6 \cdot 10^{-4} \cdot T, [\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})] \text{ для } T > 500^\circ\text{C}.$$

Визначаємо середню теплоємність скла за формулою адитивності:

$$C_{ск} = \frac{4,19}{0,00146 \cdot T+1} \cdot [P_1(a_1T+C_1) + P_2(a_2T+C_2) + \dots + P_n(a_nT+C_n)], \quad (3.10)$$

де  $P_1, P_2, \dots, P_n$  - масова частка окремих оксидів у склі,

$a_1, a_2, \dots, a_n$  и  $C_1, C_2, \dots, C_n$  - розрахункові коефіцієнти (табл. 3.5).

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.5 – Розрахунок середньої питомої теплоємності скла за формулою адитивності

Оксид	Коефіцієнт		Склад оксиду, $P_i$ мас %	$P_i(a_iT + C_i)$
	$a_i$	$C_i$		
SiO <sub>2</sub>	0,0005	0,1657	72	0,642
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0005	0,1675	2	0,017
MgO	0,0005	0,2142	0,5	0,005
CaO	0,0004	0,1709	12	0,097
Na <sub>2</sub> O	0,0008	0,2229	13,5	0,204
$\Sigma =$				0,964

Питома теплоємність скла при температурі варіння ( $T_g = 1550$  °C):

$$C_{ск} = \frac{4,19}{0,00146 \cdot 1550 + 1} \cdot 0,964 = 1,238 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)}.$$

Розраховуємо ентальпію скломаси на кінцевій стадії варіння:

$$q_m = 1,238 \cdot 1550 = 1919 \text{ кДж/кг}.$$

2) Ентальпія продуктів дегазації при температурі варіння -  $q_{газ}$

Значення теплоємностей для прийнятої температури варіння 1550 °C:

$$C(CO_2 + SO_2) = 2,3455; C(H_2O) = 1,8645.$$

Теплота нагрівання двоокису вуглецю і сірки:

$$\begin{aligned} q(CO_2 + SO_2) &= 0,01 \cdot V(CO_2 + SO_2) \cdot C_{ш} \cdot C(CO_2 + SO_2) \cdot T_B = \\ &= 0,01 \cdot 18,79 \cdot 0,916 \cdot 2,3455 \cdot 1550 = 625,6 \text{ кДж/кг}. \end{aligned}$$

Теплота нагрівання води, включаючи випаровування вологи шихти:

$$\begin{aligned} q(H_2O) &= 0,01 \cdot C_{ш} \cdot [V(H_2O) \cdot C(H_2O) \cdot T_B + 2500 \cdot W] = \\ &= 0,01 \cdot 0,916 \cdot (2 \cdot 1,8645 \cdot 1550 + 2500 \cdot 2) = 98,711 \text{ кДж/кг}. \end{aligned}$$

Ентальпія продуктів дегазації:

$$q_{газ} = 625,6 + 98,711 = 724,311 \text{ кДж/кг}.$$

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3) Тепловий ефект реакцій силікато- та склоутворення

Таблиця 3.6 – Розрахунок теплових ефектів окремих компонентів

№ п/п	Компонент	Продукт розкладу	Витрата теплоти, $q_i$ кДж/кг оксиду	Склад, $G_i$ кг оксиду /кг шихти	Ендоефект $q_i \cdot G_i$ кДж/кг шихти
1	$\text{CaCO}_3$	CaO	1537	-	-
2	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{Na}_2\text{O}$	950	6,43	61,124
3	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	$\text{Na}_2\text{O}$	3467	4,29	148,71
4	$\text{MgCO}_3$	MgO	3467	-	-
5	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	CaO+MgO	2758	9,93	273,85
$\Sigma =$					483,69

Тепловий ефект реакцій силікато- та склоутворення:

$$q_c = G_{ш} \cdot \sum q_i \cdot G_i = 0,916 \cdot 483,69 = 443 \text{ кДж/кг.}$$

### 4) Теплота плавлення скла – $q_{пл}$

$$q_{пл} = 347 \cdot G_{ш} \cdot (1 - 0,01 \cdot G_{n.д.}) = 347 \cdot 0,916 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20,79) = 252 \text{ кДж/кг.}$$

Теоретичні витрати теплоти на процеси силікато- і склоутворення відображено в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Підсумкова таблиця теплового балансу

1	Ентальпія с/маси	1919
2	Ентальпія продуктів дегазації	724
3	Тепловий ефект силікато- и скло утворення	443
4	Теплота плавлення скла	252
ВСЬОГО (кДж/кг)		<b>3338</b>

## 3.3 Розрахунок теплообміну в полуменовому просторі печі

Використовуючи основні габарити полуменового простору (табл. 3.8) розрахуємо загальну внутрішню площу скловарної печі та повний об'єм полуменового простору.[31]

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.8 – Основні габарити полуменевого простору, м

Ширина басейну печі	6,6
Довжина печі	10,9
Висота підвісних стін	1,5

Результати розрахунків представлено у вигляді таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Розрахункові величини геометрії полуменевого простору

Довжина дуги склепіння, м	6,91
Площа сегменту склепіння, м <sup>2</sup>	3,93
Площа аркового склепіння, м <sup>2</sup>	75,30
Площа дзеркала скломаси – F <sub>дзер</sub> , м <sup>2</sup>	71,94
Площа торцевих стін полуменевого простору, м <sup>2</sup>	27,67
Площа поздовжніх стін полуменевого простору, м <sup>2</sup>	32,70
Площа всіх огорожень полуменевого простору, м <sup>2</sup>	207,61
Поверхн., обмеж. полум. простір, (включаючи дзеркало)- F, м <sup>2</sup>	279,55
Об'єм сегменту склепіння, м <sup>3</sup>	42,88
Об'єм паралелепіпеда полуменевого простору, м <sup>3</sup>	107,91
Повний об'єм полуменевого простору - V, м <sup>3</sup>	150,79

Визначаємо ефективну товщину газового шару:

$$s_{ef} = 3,6 \cdot \frac{V}{F} = 3,6 \cdot \frac{150,79}{279,55} = 1,94 \text{ м.}$$

Добуток ефективної товщини газу на парціальний тиск CO<sub>2</sub>:

$$P_{CO_2} \times s_{ef} = 8,12 \cdot 1,94 = 16 \text{ (м·кН/м}^2\text{)}.$$

Добуток ефективної товщини газу на парціальний тиск H<sub>2</sub>O:

$$P_{H_2O} \times s_{ef} = 17,28 \cdot 1,94 = 34 \text{ (м·кН/м}^2\text{)}.$$

Приймаємо орієнтовну температуру горіння 1800 °С та за діаграмами знаходимо ступені чорноти: вуглекислого газу: εCO<sub>2</sub> = 0,07; парів води: εH<sub>2</sub>O = 0,13. За графіком поправковий коефіцієнт на парціальний тиск водяної пари становить: β = 1,1.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ступінь чорноти димових газів розраховуємо за формулою:

$$\varepsilon_z = \varepsilon_{CO_2} + \beta \cdot \varepsilon_{H_2O} = 0,07 + 1,1 \cdot 0,13 = 0,213.$$

### 3.4 Тепловий баланс ванної скловарної печі

#### Основні вихідні дані

Продуктивність печі:  $G = 210$  т/добу.

Теплотвірна здатність палива:  $Q_{\text{нр}} = 33768$  кДж/м<sup>3</sup>.

Потужність додаткового електропідігріву - 600 кВт.

Температура палаючих димових газів (факелу):  $t_{\text{д.г.}} = 1800$  °С.

Температура (максимальна) варіння скломаси:  $t_{\text{в}} = 1550$  °С.

Температура вироблення (студки):  $t_{\text{ст.}} = 1200$  °С.

Температура димових газів, що відходять (продуктів горіння):  $t_{\text{п.г.}} = 1450$  °С.

Температура повітря, що надходить на горіння – 1200 °С.

Дані по тепломісткостях з теплового балансу склоутворення:

Тепломісткість скломаси при температурі варіння:  $q_{\text{м}} = 1919$  кДж/кг.

Тепловий ефект реакцій силікато- і склоутворення:  $q_{\text{с}} = 443$  кДж/кг.

Теплота плавлення скла:  $q_{\text{пл}} = 252$  кДж/кг.

Теплоємність скломаси:  $C_{\text{ст}} = 1,23$  кДж/(кг·К).

Практична витрата повітря на 1 м<sup>3</sup> природного газу:  $L = 10,9$  м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Вихід димових газів на 1 м<sup>3</sup> природного газу:  $V_{\text{п.г.}} = 11,9$  м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Таблиця 3.10 – Дані по хімічному складу газоподібних продуктів, об %

Газоподібні продукти	%CO <sub>2</sub> (+SO <sub>2</sub> )	H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
Продукти дегазації шихти	78,21	21,79	-	-
Продукти горіння палива	8,12	17,28	71,44	3,16

Витрати шихти на 1 кг скломаси:  $G_{\text{ш}} = 0,9157$  кг/кг.

Вихід продуктів дегазації шихти:  $V_{\text{п.д.}} = 0,1142$  м<sup>3</sup>/кг шихти.

Коефіцієнт потоку (відношення кількості виробляючого скла до поступаючого на виробку - число Новакі):  $n = 2$ . Вологість шихти – 2 %.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Тепловий баланс варильної зони

Необхідну витрату газу для процесу варіння скла приймаємо за  $x$ . [29]

Статті надходження, кВт:

1) Теплота, що надходить у піч у результаті спалювання палива -  $Q_1$

$$Q_1 = Q_H^p \cdot X = 33768 \cdot X, \text{ кВт.}$$

2) Теплота, внесена в піч електропідігріванням -  $Q_2$

Приймаємо:

$$Q_2 = 600 \text{ кВт.}$$

3) Теплота, внесена в піч підігрітим повітрям –  $Q_3$

$$Q_3 = L_a \cdot I_g \cdot X = 10,9 \cdot 1728 \cdot X = 18835 \cdot X, \text{ кВт.}$$

Разом, надходження теплоти складає:

$$Q_{\text{надх}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 600 + 33768 \cdot X + 18835 \cdot X = 600 + 52603 \cdot X, \text{ кВт.}$$

Статті витрат, кВт:

1) Теплота реакцій силікато- і склоутворення -  $Q_4$

Розраховуємо продуктивність печі за одну секунду:

$$G = 210000 / (24 \cdot 3600) = 2,43 \text{ кг/с.}$$

$$Q_4 = (q_c + q_{nl}) \cdot G = (443 + 252) \cdot 2,43 = 1689 \text{ кВт.}$$

2) Теплота нагрівання скломаси до максимальної температури -  $Q_5$

$$Q_5 = q_m \cdot G = 1919 \cdot 2,43 = 4664 \text{ кВт.}$$

3) Теплота нагрівання газів, що виділяються із шихти (продуктів дегазації) –  $Q_6$

$$Q_6 = q_{\text{газ}} \cdot G, \quad (3.11)$$

де  $q_{\text{газ}}$  - ентальпія продуктів дегазації шихти при температурі димових газів, що відходять з печі, розраховується за формулою:

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{\text{газ}} = 0,01 \cdot G_{\text{ш}} \cdot V_{\text{н.д}} \cdot \{[(\%(\text{CO}_2 + \text{SO}_2) \cdot C_{\text{CO}_2}) + \% \text{H}_2\text{O} \cdot C_{\text{H}_2\text{O}}] \cdot t_{\text{н.г.}} + 2500 \cdot W\} \quad (3.12)$$

Розрахуємо ентальпію продуктів дегазації шихти при температурі димових газів, що відходять з печі, за формулою (3.12):

$$q_{\text{газ}} = 0,01 \cdot 0,9157 \cdot 0,1142 \cdot \{[78,21 \cdot 2,346 + 21,79 \cdot 1,865] \cdot 1450 + 2500 \cdot 2\} = 386 \text{ кДж/кг},$$

$$Q_6 = q_{\text{газ}} \cdot G = 386 \cdot 2,43 = 937 \text{ кВт}.$$

Корисні витрати теплоти на скловаріння становлять:

$$Q_4 + Q_5 + Q_6 = 1689 + 4664 + 937 = 7291 \text{ кВт}.$$

4) Витрати теплоти на нагрівання продуктів горіння -  $Q_7$

Розраховується за формулою:

$$Q_7 = V_{\text{н.г.}} \cdot C_{\text{н.г.}} \cdot t_{\text{н.г.}} \cdot X \quad (3.13)$$

де  $C_{\text{н.г.}}$  - теплоємність продуктів горіння, розраховуємо за адитивною формулою:

$$C_{\text{н.г.}} = 0,01 \cdot \sum C_i \cdot \%_i, \text{ кДж/(м}^3\text{K)}, \quad (3.14)$$

де  $C_i$  - теплоємність продуктів горіння при температурі  $t_{\text{н.г.}}$ ;

$\%_i$  - відсотковий вміст компонентів (об'ємні %).

Обираємо теплоємності для  $t_{\text{н.г.}} = 1450 \text{ }^\circ\text{C}$  і записуємо відсотковий компонентів (табл. 3.11):

Таблица 3.11 – Витрати на нагрівання продуктів горіння

Газ	$C_i$	$\%_i$
CO <sub>2</sub>	2,346	8,12
H <sub>2</sub> O	1,865	17,28
N <sub>2</sub>	1,449	71,44
O <sub>2</sub>	1,534	3,16

$$C_{\text{н.г.}} = 0,01 \cdot (2,346 \cdot 8,12 + 1,875 \cdot 17,28 + 1,449 \cdot 71,44 + 1,534 \cdot 3,16) = 1,60 \text{ кДж/(м}^3\text{K)},$$

$$Q_7 = 11,9 \cdot 1,60 \cdot 1450 \cdot X = 27546 \cdot X \text{ кВт}.$$

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5) Теплота, затрачена на нагрівання зворотного конвекційного потоку -  $Q_8$

$$Q_8 = G \cdot (n - 1) \cdot (t_g - t_{ст}) \cdot C_{ст} = 2,43 \cdot (2-1) \cdot (1550-1200) \cdot 1,23 = 1046 \text{ кВт.}$$

6) Розрахунок теплових втрат крізь огороження печі -  $Q_9$

Вихідні дані для розрахунку:

Температура навколишнього повітря (в цеху) - 20 °С

Температура скломаси біля дна басейну – 1400 °С

Габаритні розміри печі

Довжина басейну – 10,9 м

Ширина басейну – 6,6 м

Глибина басейну - 1,6 м

Питоме знімання скломаси - 2,92 т/(м<sup>2</sup>добу)

Висота полуменевого простору - 1,5 м

Середня ширина вльоту пальників - 1,4 м

Середня висота вльоту пальників – 1,0 м

Кількість вльотів пальників - 2

Ширина завантажувальної кишені - 1,5 м

Висота щілини завантажувальної кишені - 0,2 м

*Розрахункові величини:*

Площа вльоту пальника – 1,4 м<sup>2</sup>

Довжина дуги склепіння – 6,91 м

Площа склепіння – 75,3 м<sup>2</sup>

Площа подовжніх стін полуменевого простору – 32,7 м<sup>2</sup>

Площа торцевих стін полуменевого простору – 19,8 м<sup>2</sup>

Сумарна площа всіх стін полуменевого простору – 52,5 м<sup>2</sup>

Сумарна площа всіх вльотів пальників - 2,8 м<sup>2</sup>

Тепловіддаюча площа стін полуменевого простору – 49,7 м<sup>2</sup>

Площа печі в плані (дна) – 71,94 м<sup>2</sup>

Площа подовжніх стін басейну – 34,88 м<sup>2</sup>

Площа торцевих стін басейну – 21,12 м<sup>2</sup>

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Сумарна площа стін басейну - 56 м<sup>2</sup>

Таблиця 3.12 – Дані по кладці основних огорожень печі

**Кладка склепіння**

№ шару	Матеріал	$\lambda$ , Вт/(м·К)	$\delta$ , м	$\delta/\lambda$ , (м <sup>2</sup> ·К)/Вт
1	динас	2,4	0,375	0,16
2	динас-легк.	1,1	0,128	0,12
3	волокниста теплоізоляція	0,5	0,064	0,13
$\Sigma \delta/\lambda$				0,40

**Кладка стін полуменевого простору**

№ шару	Матеріал	$\lambda$ , Вт/(м·К)	$\delta$ , м	$\delta/\lambda$ , (м <sup>2</sup> ·К)/Вт
1	динас	2,4	0,375	0,14
2	шамот	1,3	0,115	0,09
3	волокниста теплоізоляція	0,5	0,05	0,10
$\Sigma \delta/\lambda$				0,33

**Стіни басейну**

№ шару	Матеріал	$\lambda$ , Вт/(м·К)	$\delta$ , м	$\delta/\lambda$ , (м <sup>2</sup> ·К)/Вт
1	бакор	5,0	0,25	0,05
2	шамот	1,3	0,1	0,08
3	шамот-легк.	0,8	0,1	0,13
$\Sigma \delta/\lambda$				0,25

**Дно басейну**

№ шару	Матеріал	$\lambda$ , Вт/(м·К)	$\delta$ , м	$\delta/\lambda$ , (м <sup>2</sup> ·К)/Вт
1	бакор	4,0	0,3	0,08
2	шамот	1,5	0,4	0,27
$\Sigma \delta/\lambda$				0,34

Теплові втрати через огороження печі об'єднуємо в дві групи:

а) втрати крізь кладку теплопередачею -  $Q_9$ ;

б) втрати крізь отвори печі випромінюванням -  $Q_{10}$ .

Огороження полуменевого простору:

Приймаємо ступінь чорноти зовнішньої поверхні – 0,95.

1) Втрати тепла через склепіння

Тепловий опір стінки – 0,40 (м<sup>2</sup>·К)/Вт

Приймаємо температуру внутрішньої поверхні – 1791 К

Приймаємо температуру зовнішньої поверхні – 186 К

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо конвективну складову  $\alpha_1$  за формулою (3.15):

$$\alpha_{\text{конв}} = k \sqrt[4]{\Delta t}, \quad (3.15)$$

де  $k$  - коефіцієнт, залежить від просторового розташування стінки:  $k = 3,3$

$$\Delta t = t_{\text{н.з.}} - t_{\text{нов.вн.}} = 1800 - 1791 = 9 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$\alpha_{\text{конв}} = 3,3 \cdot \sqrt[4]{9} = 6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Прийнято коефіцієнт, що враховує тепловіддачу на внутрішній та зовнішній поверхні 3,3.

Розрахуємо радіаційну складову  $\alpha_1$  за формулами:

$$\alpha_{\text{рад}} = \frac{q_{\text{рад}}}{\Delta t}, \quad (3.16)$$

$$q_{\text{рад}} = 5,7 \cdot \varepsilon_\varepsilon \cdot \left( \frac{T_{\text{н.з.}}}{100} \right)^4 \cdot A, \quad (3.17)$$

Отримали:

$$A = 1 - \left( \frac{T_{\text{нов.вн.}}}{T_{\text{н.з.}}} \right)^{3,6} = 1 - \left( \frac{1791 + 273}{1800 + 273} \right)^{3,6} = 0,0155,$$

$$\alpha_{\text{рад}} = \frac{5,7 \cdot \varepsilon_T \cdot \left( \frac{T_{\text{н.з.}}}{100} \right)^4 \cdot A}{\Delta t} = \frac{5,7 \cdot 0,213 \cdot \left( \frac{1800 + 273}{100} \right)^4 \cdot 0,0155}{9} = 387 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Розрахуємо сумарне значення  $\alpha_1$ :

$$\alpha_1 = \alpha_{\text{конв}} + \alpha_{\text{рад}} = 6 + 387 = 393 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Розрахуємо конвективну складову  $\alpha_2$  за формулами (3.15), (3.18):

$$\Delta t = t_{\text{нов.нар.}} - t_{\text{окр.ср.}}, \quad (3.18)$$

$$\alpha_{2(\text{конв})} = 3,3 \cdot \sqrt[4]{186 - 20} = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо радіаційну складову  $\alpha_2$  за формулами (3.16), (3.19):

$$q_{\text{рад}} = 5,7 \cdot \varepsilon_{\text{ст}} \cdot \left[ \left( \frac{T_{\text{пов.нар.}}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{\text{окр.ср.}}}{100} \right)^4 \right], \quad (3.19)$$

$$\alpha_{\text{рад}} = \frac{5,7 \cdot 0,95 \cdot \left[ \left( \frac{186 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right]}{166} = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Розрахуємо сумарне значення  $\alpha_2$ :

$$\alpha_2 = \alpha_{\text{конв}} + \alpha_{\text{рад}} = 12 + 12 = 24 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Розрахуємо коефіцієнт теплопередачі крізь огороження,  $K$ :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{393} + 0,4 + \frac{1}{24}} = 2,24 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Розрахуємо густину теплового потоку крізь стінку,  $q$ :

$$q = K \cdot \Delta T = 2,24 \cdot (1800 - 20) = 3982 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

Перевірка значень температури поверхонь

Температура внутрішньої поверхні (з розрахунку):

$$t_{\text{пов.вн.}} = t_{\text{н.з.}} - \frac{q}{\alpha_1} = 1800 - (4000/393) = 1790 \text{ К}.$$

Температура внутрішньої поверхні (задана ітераційним шляхом): 1791 К.

Розбаланс  $\approx -1$

Температура зовнішньої поверхні (з розрахунку):

$$t_{\text{пов.зовн.}} = t_{\text{навк.ср.}} - \frac{q}{\alpha_2} = 20 + (4000/24) = 186 \text{ К}.$$

Температура зовнішньої поверхні (задана ітераційним шляхом): 186 К.

Розбаланс  $\approx 0$

2) Втрати тепла через підвісні стіни

Розрахунок виконаний аналогічно попередньому (для склепіння)

Тепловий опір стінки (з минулого розрахунку): 0,33 (м<sup>2</sup>·К)/Вт.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо температуру внутрішньої поверхні: 1788 К.

Приймаємо температуру зовнішньої поверхні: 219 К.

Коефіцієнт, що враховує тепловіддачу на внутрішній та зовнішній поверхні: 2,6.

Коефіцієнт  $k$ , що залежить від просторового розташування стінки прийнято рівним 2,6 (для вертикальної стінки).

Розрахована конвективна складова:  $\alpha_1 = 5,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Розрахованка радіаційна складова:  $\alpha_1 = 386 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Розраховане сумарне значення:  $\alpha_1 = 391 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Розрахована конвективна складова:  $\alpha_2 = 10,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Розрахована радіаційна складова:  $\alpha_2 = 14,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Розраховане сумарне значення:  $\alpha_2 = 24,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Розрахований коефіцієнт теплопередачі через огорожу  $K = 2,65 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Розрахована щільність теплового потоку через стінку:  $q = 4722 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .

Перевірка значення температур поверхонь.

Температура внутрішньої поверхні (з розрахунку) 1788 К.

Температура внутрішньої поверхні (задана) 1788 К.

Розбаланс 0

Температура зовнішньої поверхні (з розрахунку) 219 К.

Температура зовнішньої поверхні (що задається) 219 К.

Розбаланс 0

3) Втрати тепла через стіни басейну

Тепловий опір стінки (з минулого розрахунку):  $0,25 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ .

Температура внутрішньої поверхні (середня арифметична дзеркала і дна): 1475 К.

Приймаємо температуру зовнішньої поверхні: 226 К.

Розрахуємо конвективну складову  $\alpha_2$  за формулою (3.15):

$$\alpha_{2(\text{конв})} = 2,6 \cdot \sqrt[4]{226 - 20} = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо радіаційну складову  $\alpha_2$  за формулами (3.16), (3.19):

$$\alpha_{2(pad)} = \frac{5,7 \cdot 0,95 \cdot \left[ \left( \frac{226 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right]}{226 - 20} = 14 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Розрахуємо сумарне значення  $\alpha_2$ :

$$\alpha_2 = \alpha_{\text{конв}} + \alpha_{\text{рад}} = 10 + 14 = 24 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Розрахуємо коефіцієнт теплопередачі через огороження,  $K$ :

$$K = \frac{1}{\sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{0,25 + \frac{1}{24}} = 3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Розрахуємо густину теплового потоку через стінку  $q$  :

$$q = K \cdot \Delta T = 3 \cdot (1475 - 20) = 4962 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

Перевірка значення температури зовнішньої поверхні.

Температура зовнішньої поверхні (з розрахунку) :

$$t_{\text{пов.зовн.}} = t_{\text{навк.сер.}} + \frac{q}{\alpha_2} = 20 + (4962/24) = 225 \text{ К}.$$

Температура зовнішньої поверхні (що задається): 226 К.

Розбаланс -1

4) Втрати тепла через дно басейну

Розраховується аналогічно зі стінами басейну.

Тепловий опір стінки (з минулого розрахунку): 0,34 (м<sup>2</sup>·К)/Вт.

Температура внутрішньої поверхні (біля дна): 1400 К.

Приймаємо температуру зовнішньої поверхні: 193 К.

Коефіцієнт, що враховує тепловіддачу на зовнішній поверхні: 1,6.

Розрахована конвективна складова:  $\alpha_2 = 6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$

Розрахована радіаційна складова:  $\alpha_2 = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$

Розраховане сумарне значення:  $\alpha_2 = 18 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$

Розрахований коефіцієнт теплопередачі через огорожу:  $K = 2,52 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахована густина теплового потоку через стінку:  $q = 3481 \text{ Вт/м}^2$ .

Перевірка значення температур поверхонь

Температура зовнішньої поверхні (з розрахунку) 193 К.

Температура зовнішньої поверхні (що задається) 193 К.

Розбаланс = 0

Зведені дані теплових втрат через огороження печі

Для вказаних ділянок втрати в навколишнє середовище розраховуємо за формулою:

$$Q = 0,001 \cdot q \cdot F, \text{ кВт.} \quad (3.20)$$

Таблиця 3.13 – Теплові втрати через огороження печі

Ділянка	Щільність потоку, Вт/м <sup>2</sup>	Площа ділянки, м <sup>2</sup>	Втрати, кВт
Склепіння	3982	75,30	300
Підвісні стіни	4722	49,70	235
Стіни басейну	4962	56,00	278
Дно басейну	3481	71,94	250
Загальні втрати через кладку $Q_9$			1063

5) Втрати тепла випромінюванням через отвори печі –  $Q_{10}$

Розраховуємо за формулою:

$$Q'_{10} = 0,0057 \cdot F \cdot \left[ \left( \frac{T_{\text{изл}}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{\text{окр.пр.}}}{100} \right)^4 \right] \cdot \varphi, \text{ кВт} \quad (3.21)$$

де  $T_{\text{изл}}$  - температура випромінювача, К. Може бути температура факела, продуктів горіння і т.д.;

$T_{\text{окр.пр.}}$  - температура навколишнього середовища, К;

$F$  - сумарна площа вльотів або площа завантажувальної кишені;

$\varphi$  - коефіцієнт діафрагмування, що залежить від геометрії отвору.

Раніше була прийнято:

Температура факела, в градусах Цельсія 1800 °С або 2073 К.

Втрати випромінюванням через засипковий отвір –  $Q'_{10}$

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ширина завантажувальної кишені – 1,5 м. Висота щілини завантажувальної кишені – 0,2 м. Площа завантажувальної кишені – 0,3 м<sup>2</sup>.

Коефіцієнт діафрагмування вибрано з геометричних міркувань на підставі графіка  $j = 0,3$ .

$$Q'_{10} = 0,0057 \cdot 0,3 \cdot \left[ \left( \frac{2073}{100} \right)^4 - \left( \frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot 0,3 = 95 \text{ кВт}.$$

Втрати випромінюванням через вльоти пальників

Середня ширина вльоту пальників – 1,4 м. Площа вльоту пальника – 1,4 м<sup>2</sup>. Середня висота вльоту пальників – 1,0 м. Сумарна площа – 2,8 м<sup>2</sup>.

Коефіцієнт діафрагмування вибрано з геометричних міркувань на підставі графіка  $j = 0,54$ .

Температуру внутрішніх порожнин пальників, на які падає випромінювання факела, визначено як середнє арифметичне температури повітря, що підігрівається, і газів, що відходять: 1200 °С і 1450°С .

$$Q''_{10} = 0,0057 \cdot 0,3 \cdot \left[ \left( \frac{2073}{100} \right)^4 - \left( \frac{1586,5}{100} \right)^4 \right] \cdot 0,54 = 1046 \text{ кВт}$$

Загалом:

$$Q_{10} = 95 + 1046 = 1140 \text{ кВт}.$$

Зведені показники по тепловому балансу

Статті надходження (кВт):

$$Q_1 = 33768 \cdot X; Q_2 = 600; Q_3 = 18835 \cdot X$$

Статті витрат (кВт):

$$Q_4 = 1689; Q_5 = 4664; Q_6 = 937; Q_7 = 27546 \cdot X; Q_8 = 1046; Q_9 = 1063; Q_{10} = 1140.$$

Підсумкове рівняння:

$$33768 \cdot X + 600 + 18835 \cdot X = 1689 + 4664 + 937 + 27546 \cdot X + 1046 + 1063 + 1140.$$

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після перетворення:

$$25057 \cdot X = 9940.$$

Звідки  $X = 9940/25057 = 0,392 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Витрата газу складає:  $0,392 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Знайдемо члени з невідомою величиною X:

$$Q_1 = 33768 \cdot X = 33768 \cdot 0,392 = 13396 \text{ кВт};$$

$$Q_3 = 18835 \cdot X = 18835 \cdot 0,392 = 7472 \text{ кВт};$$

$$Q_7 = 27546 \cdot X = 27546 \cdot 0,392 = 10928 \text{ кВт}.$$

Таблиця 4.17 – Зведена таблиця теплового балансу

Статті приходу, кВт			Статті витрати, кВт		
1. Теплота палива	$Q_1$	<b>13396</b>	1. Витрати на силікато - і склоутворення	$Q_4$	<b>1689</b>
2. Електропідігрів	$Q_2$	<b>600</b>	2. Теплота нагріву скломаси	$Q_5$	<b>4664</b>
3. Теплота повітря	$Q_3$	<b>7472</b>	3. Теплота нагріву газів шихти	$Q_6$	<b>937</b>
Разом		<b>21468</b>	4. З димовими газами	$Q_7$	<b>10928</b>
			5. Зворотний конвекційний потік	$Q_8$	<b>1046</b>
			6. Крізь огороження печі	$Q_9$	<b>1063</b>
			7. Крізь отвори в печі	$Q_{10}$	<b>1140</b>
			Разом		<b>21468</b>

ККД печі складає:

$$ККД = \frac{Q_4 + Q_5 + Q_6}{Q_1 + Q_2} \cdot 100, \quad (3.22)$$

$$ККД = [(1689 + 4664 + 937) / (13396 + 600)] \cdot 100 = 52,33 \text{ \%}.$$

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



#### 4 ІННОВАЦІЙНІ ЗАХОДИ З ВПРОВАДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ СКЛОВАРНОЇ ПЕЧІ

Склепіння скловарної печі є одним з її основних конструктивних елементів.

Серед чотирьох характерних конструктивних елементів: склепіння, підвісні стіни полуменевого простору, стіни самого басейну, дно басейну, - переважна більшість теплових втрат у навколишній простір припадає, саме, на склепіння. Тому склепіння скловарної печі має бути обов'язково теплоізольоване.

У високопродуктивних печах робоча температура склепіння досягає 1650 °С, а ширина прольоту становить 9 - 11 м.

Ефективність теплоізоляції характеризується термічним опором кладки і втратами теплоти в навколишнє середовище. В запроектованій печі з традиційним компонуванням футеровки склепіння термічний опір складав 0,4 (м<sup>2</sup>·К)/Вт, а втрати теплоти назовні – 4000 Вт/м<sup>2</sup>. Ці показники дуже далекі від досконалості.

Наше прагнення підвищити енергоефективність печей і довести їхню кампанію до 9-10 років передбачає подальше вдосконалення конструкції склепіння. Мова йде про енергоефективність холодної футеровки. Складність поставленого завдання передбачає комплексний підхід до її реалізації. Зупинимося на розробці енергоефективної структури теплової ізоляції склепіння.[33]

Для кладки склепіння скловарної печі використовується скляний динас. Його перевага в порівнянні з альтернативним електроплавленням бадделітокорундовим вогнетривом обумовлено високим опором пластичній деформації, відносно низькою температуропровідністю, а також повною розчинністю продуктів руйнування вогнетриву в розплаві скла.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Високоякісний скляний динас характеризується хімічним складом, у якому масова частка  $\text{SiO}_2$  становить не менш 96 %, а вміст  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  не перевищує 0,5 %.

Дані табл. 4.1 свідчать про те, що ці марки вогнетриву за хімічним складом і інших властивостей близькі один до одного. Їхнє застосування лімітується лише експлуатаційною температурою склепіння, що не повинна перевищувати 1650 °С.

Таблиця 4.1 – Характеристика скляного динасового вогнетриву

Показники	ДСК	Disil-DSS	Disil-DSA	Stella GGS
Масова частка, %:				
$\text{SiO}_2$	96,0	96,0	96,2	96,5
$\text{CaO}$	2,5	-	-	2,5
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,40	0,45	0,50	-
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0,40	0,50	0,28	-
Уявна щільність, $\text{кг/м}^3$	1880	1830	1850	1860
Температура деформації під навантаженням, °С	1650	1660	1670	1650
Межа міцності при стиску, МПа	40	38	35	40
Термічне розширення (1000 °С), %	1,30	1,40	1,45	1,30

Теплова ізоляція склепіння має бути виконана після завершення первинного розігріву печі до 1500-1520 °С.

Зовнішня поверхня склепіння попередньо піддається ретельній герметизації, що виключає дифузію пічних газів через футеровку. Герметизація склепіння може бути виконана динасовим мертелем з додаванням у водяний розчин 20% (понад 100%) 45%-ної технічної ортофосфорної кислоти.

Герметизація склепіння виконується вогнетривким бетоном LUBISOL Si-Seal, що характеризується гарною адгезією до поверхні нагрітої динасової кладки. Товщина шару 30 мм забезпечує герметичність зовнішньої поверхні

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

склепіння й цілісність обмазки при наступному підвищенні температури вогнетривкої кладки, обумовленій установкою теплоізоляційних шарів холодної футеровки. На герметизоване склепіння укладається шар легковагового динасу LEGRAL 55/0, головне призначення якого в холодній футеровці полягає в створенні необхідних температурних умов для застосування наступних шарів теплової ізоляції. Основний термічний опір теплової ізоляції створиться шаром рулонного керамічного волокна ALSIFLEX 1260/130. Для захисту зовнішньої поверхні холодної футеровки від шихтового пилу вона покривається склотканиною або тонким алюмінієвим листом.

Характеристика виробів, використаних при ізоляції склепіння, наведена в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Характеристика теплоізоляційних матеріалів склепіння

Показники	LEGRAL 55/0	LUBISOL Si-Seal	ALSIFLEX 1260/30
Масова частка, % $\text{SiO}_2$	90,0	92,2	53-58
$\text{Al}_2\text{O}_3$	3,0	1,8	42-47
Уявна щільність, $\text{кг/м}^3$	590	1920	130
Температура застосування, $^{\circ}\text{C}$	1500	1620	1110-1160
Теплопровідність, $\text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$ , при температурі $^{\circ}\text{C}$			
400	0,22	1,15	0,09
600	0,25	1,32	0,12
800	0,28		0,18
1000	0,31		0,28

Розроблена структура теплової ізоляції склепіння дозволить збільшити термічний опір кладки від 0,4 до 1,67 ( $\text{м}^2$ )/Вт. При цьому теплові втрати через склепіння знизяться від 4000 до 897 Вт/ $\text{м}^2$ . Зовнішня температура поверхні склепіння знизиться від 160 до 58  $^{\circ}\text{C}$ .

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідні дані для аналізу:

Площа склепіння – 75,2 м<sup>2</sup>.

Теплопровідність теплоізоляції – 0,3 Вт/(м К).

Вартість теплоізоляції – 11415 грн/м<sup>3</sup>. [34]

Вартість газу – 14,586 грн/м<sup>3</sup>. [35]

Аналіз доцільності впровадження високоефективної теплоізоляції буде базуватися на суто технічних показниках (ККД печі і витрати газу) і фінансово-економічних показниках (збитків на купівлю теплоізоляції і прибутків за рахунок економії природного газу), що наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Техніко-економічні показники впровадження ефективної теплоізоляції склепінні скловарної печі

Товщина ефективної теплоізоляції	Витрати газу	ККД печі	Об'єм ефективної теплоізоляції	Вага ефективної теплоізоляції	Вартість ізоляції	Заощадження газу за добу	Вартість заощадженого газу за добу	Вартість заощадженого газу за тиждень
м	м <sup>3</sup> /с	%	м <sup>3</sup>	т	тис. грн	м <sup>3</sup>	тис. грн	тис. грн
0	0,3921	52,33	0	0	0	0	0	0
0,05	0,3863	53,06	3,76	0,489	43	501	7,31	51
0,1	0,3834	53,43	7,52	0,978	86	752	10,96	77
0,15	0,3818	53,65	11,28	1,466	129	890	12,98	91
0,2	0,3807	53,79	15,04	1,955	172	985	14,37	101
0,25	0,3799	53,90	18,8	2,444	215	1054	15,37	108
0,3	0,3793	53,97	22,56	2,933	258	1106	16,13	113
0,35	0,3788	54,03	26,32	3,422	300	1149	16,76	117
0,4	0,3785	54,08	30,08	3,910	343	1175	17,14	120
0,45	0,3782	54,12	33,84	4,399	386	1201	17,52	123
0,5	0,3779	54,15	37,6	4,888	429	1227	17,90	125

Всі подальші технічні показники будуть розглядатися як функція товщини теплоізоляції, яка буде варіювати від 0 до 0,5 м.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

На рис. 4.1 показана зміна секундних витрат природного газу в залежності від товщини шару теплоізоляції. Як можна було очікувати збільшення товщини шару теплоізоляції найбільший вплив на зменшення витрат газу завдає із самого початку. Згодом ефект заощадження газу поступово вщухає, і крива прямує до певного асимптотичного значення.

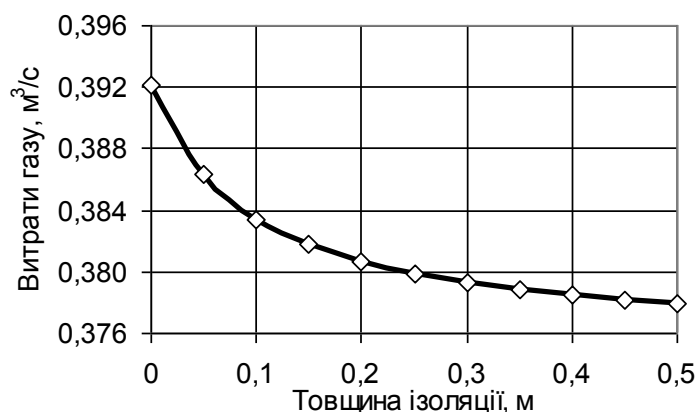


Рис. 4.1 – Залежність витрат природного газу від товщини теплоізоляції

Цілком зрозумілим дещо подібним є хід кривої ККД печі. ККД монотонно зростає рис. 4.2.

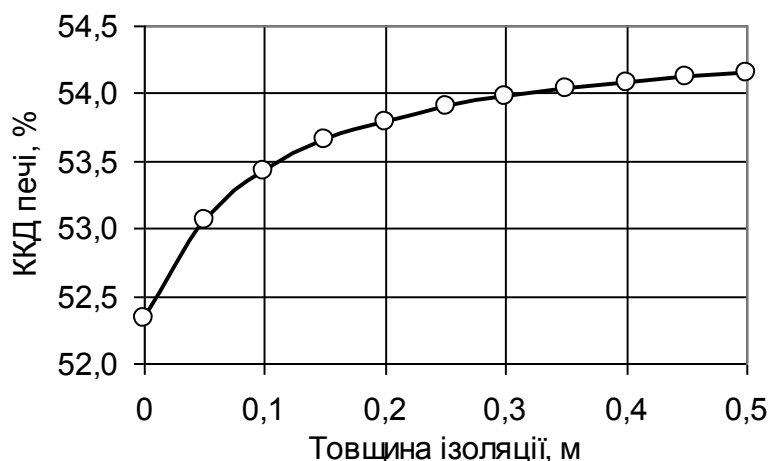


Рис. 4.2 – Залежність ККД печі від товщини теплоізоляції

На рис. 4.3 наведена вартість заощадженого за добу природного газу в залежності від товщини шару теплоізоляції.

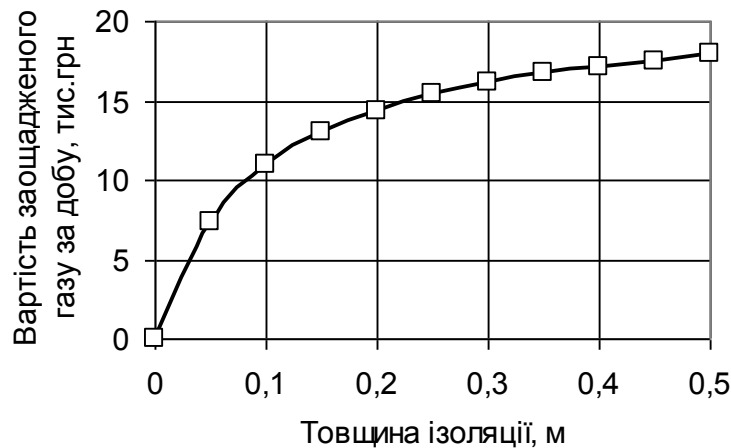


Рис. 4.3 – Залежність вартості заощадженого за добу природного газу від товщини теплоізоляції

У подальшому аналізі робиться порівняльний аналіз первинних капіталовкладень на закупівлю теплоізоляції і вартості заощадженого газу. Це надасть змогу оцінити появу прибутку від впровадження ефективної теплоізоляції (термін окупності).

Аналіз робиться для короткострокового періоду (6 тижнів), і довгострокового (1 рік).

В таблицях 4.4 і 4.5 наведена вартість заощадженого газу впродовж перших тижнів і економічний ефект від заощадження газу впродовж перших тижнів.

Таблиця 4.4 – Вартість заощадженого газу впродовж перших тижнів

Товщина ефективної теплоізоляції, м	Вартість ізоляції, тис. грн	Вартість заощадженого газу впродовж перших тижнів, тис. грн					
		Тижні					
		1	2	3	4	5	6
0,1	86	77	153	230	307	384	460
0,2	172	101	201	302	402	503	603
0,3	258	113	226	339	452	565	677
0,4	343	120	240	360	480	600	720
0,5	429	125	251	376	501	626	752

Таблиця 4.5 – Економічний ефект від заощадження газу впродовж перших тижнів

Товщина ефективної теплоізоляції, м	Вартість ізоляції, тис. грн	Економічний ефект від заощадження газу впродовж перших тижнів, тис. грн					
		Тижні					
		1	2	3	4	5	6
0,1	86	-9	68	144	221	298	375
0,2	172	-71	29	130	231	331	432
0,3	258	-145	-32	81	194	307	420
0,4	343	-223	-103	17	137	257	376
0,5	429	-304	-179	-53	72	197	322

На рис. 4.4 наведений економічний ефект від впровадження теплоізоляції впродовж перших 6 тижнів в залежності від товщини шару ізоляції.

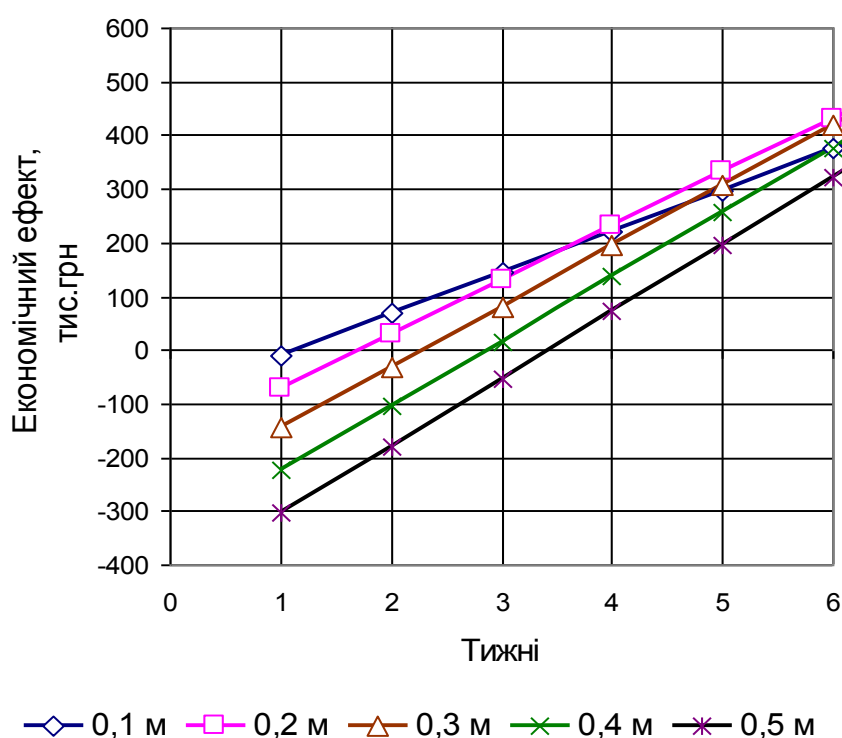


Рис. 4.4 – Економічний ефект від впровадження теплоізоляції впродовж перших тижнів

Можна констатувати, що окупність впровадження шару товщиною 0,1 м здійсниться приблизно через тиждень, а для шару в 0,5 метрів – між четвертим і п'ятим тижнем.

Аналогічний аналіз (табл. 4.6, табл. 4.7) зроблено для довгострокового періоду (1 рік).

Таблиця 4.6 – Вартість заощадженого газу впродовж року

Товщина ефективної теплоізоляції, м	Вартість заощадженого газу впродовж року, тис. грн											
	місяці											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,1	307	614	921	1228	1535	1842	2149	2456	2763	3070	3377	3684
0,2	402	805	1207	1609	2011	2414	2816	3218	3620	4023	4425	4827
0,3	452	903	1355	1807	2258	2710	3162	3613	4065	4517	4968	5420
0,4	480	960	1440	1920	2399	2879	3359	3839	4319	4799	5279	5759
0,5	501	1002	1503	2004	2505	3006	3507	4009	4510	5011	5512	6013

Таблиця 4.7 – Економічний ефект від заощадження газу впродовж року

Товщина ефективної теплоізоляції, м	Економічний ефект від заощадження газу впродовж року, тис. грн											
	місяці											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,1	221	528	835	1142	1449	1756	2063	2370	2677	2984	3291	3598
0,2	231	633	1035	1437	1840	2242	2644	3046	3449	3851	4253	4656
0,3	194	646	1097	1549	2001	2452	2904	3356	3807	4259	4711	5162
0,4	137	616	1096	1576	2056	2536	3016	3496	3976	4456	4935	5415
0,5	72	573	1074	1575	2076	2577	3078	3579	4080	4581	5083	5584

З підсумкової діаграми для довгострокового періоду (рис. 4.5) можна зробити висновок про те, що для товщини теплоізоляції 0,5 м економічний ефект від заощадження газу впродовж року 5,584 млн грн.



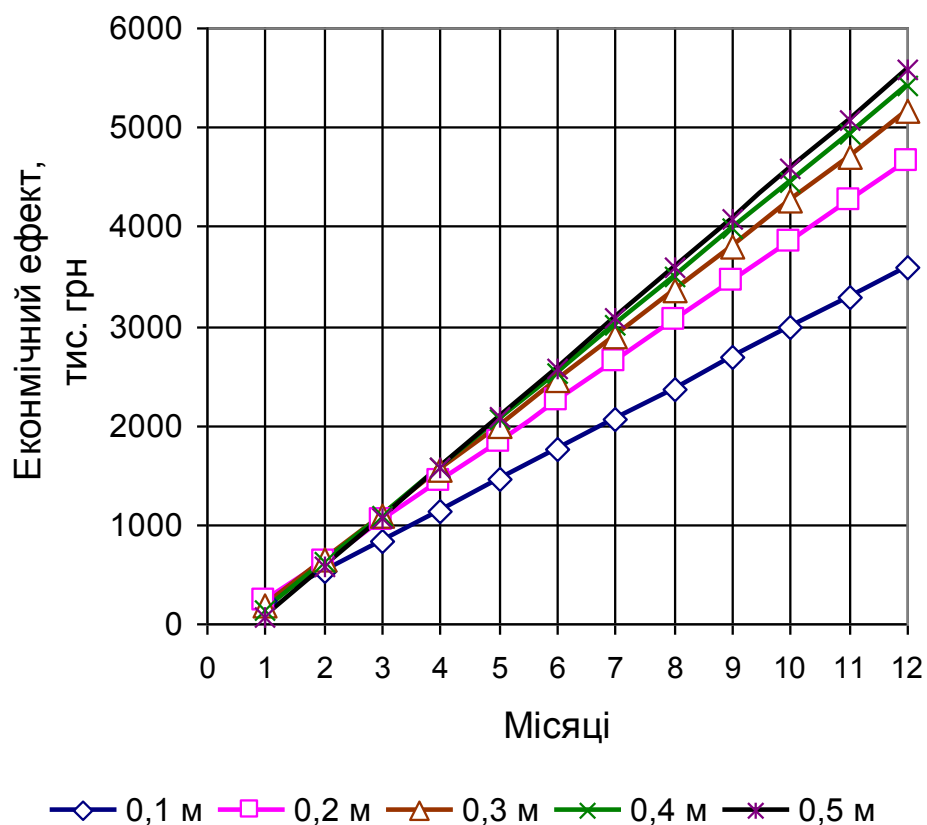


Рис. 4.5 – Економічний ефект від впровадження теплоізоляції впродовж року

Причину появи економічного ефекту від запровадження ефективної теплоізоляції склепіння можна проілюструвати наступними гістограмами (рис. 4.6 і рис. 4.7).

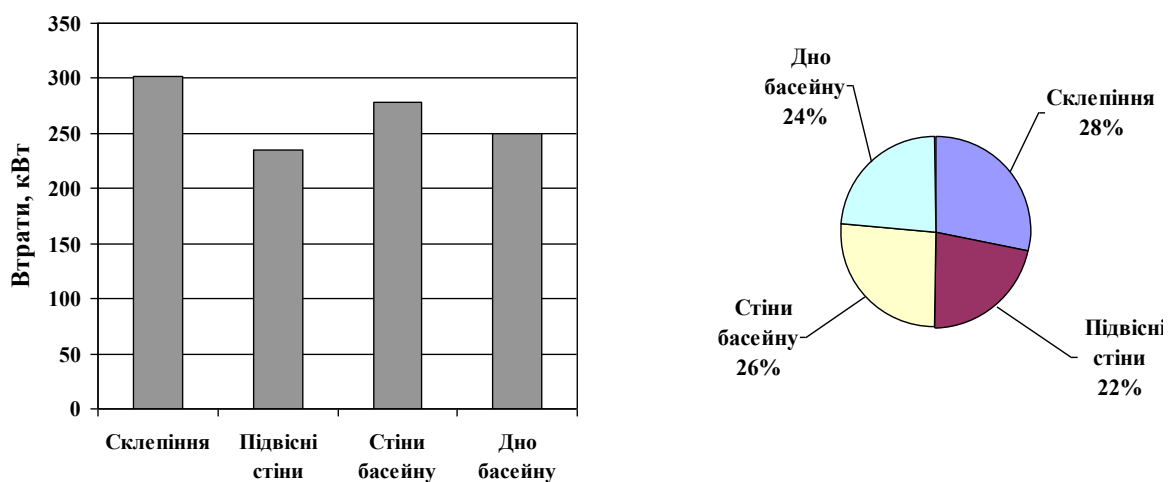


Рис. 4.6 – Гістограма теплових втрат через характерні ділянки печі без ефективної теплоізоляції склепіння

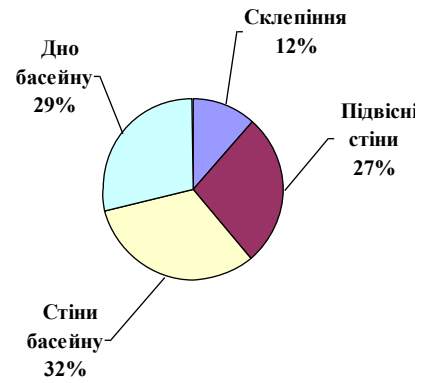
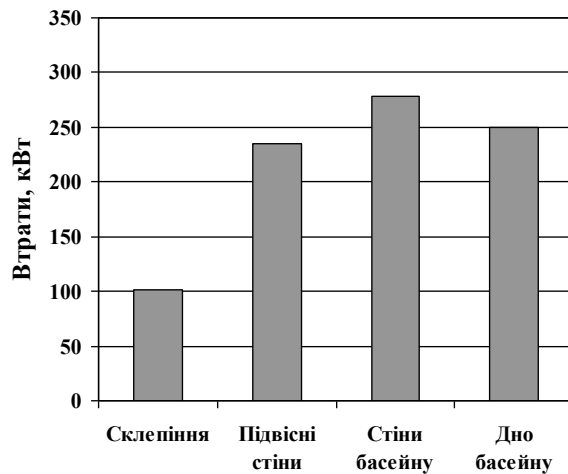


Рис. 4.7 – Гістограма теплових втрат через характерні ділянки печі з ефективною теплоізоляцією склепіння

Як витікає з наведених діаграм, потужність теплових втрат через склепіння печі за рахунок його ефективної теплоізоляції може бути знижена втричі: від 300 до 100 кВт. Частка цих втрат в загальному балансі може бути знижена від 28 до 12%.

#### Висновки:

З урахуванням сучасної вартості природного газу для промислових підприємств і ринкової вартості ефективного теплоізоляційного алюмосилікатного волокнистого матеріалу ALSIFLEX 1260/30, його застосування для теплоізоляції склепіння скловарної печі може суттєво покращити техніко-економічні показники виробництва.

Вартісний аналіз показав, що при товщині теплоізоляції в 0,5 м річний економічний ефект складатиме 5,584 млн грн. Термін окупності такого впровадження становить 3,5 тижні.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА ТА АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ

Впровадження новітніх технологій і автоматизація технологічних процесів призводить до збільшення продуктивності праці, покращення якості продукції, що випускається, зменшується кількість браку.

Автоматизація виробництва включає не тільки повну заміну фізичної праці на машинну, але і автоматизацію управління технологічним процесом в цілому. Автоматизація забезпечує управління механізованим виробництвом за допомогою комплексу машин і приладів, спеціальних пристроїв без прямої участі людини. При цьому технологічний процес, продуктивність установок, якість продукції, і технічний стан обладнання залежить від якості роботи автоматичних систем. [36,37]

### 5.1 Аналіз технологічного процесу відпалу скла як об'єкта автоматизації

На підставі аналізу особливостей технологічного процесу виробництва скляної тари, його апаратурного оформлення та норм технологічного режиму було обрано об'єктом автоматизації піч відпалу скловиробів, а саме конвеєрну муфельну піч безперервної дії. Для цього необхідно забезпечити такий рівень автоматизації печі відпалу:

- контроль і регулювання температури в зоні вирівнювання температур та ізотермічної витримки ( 650°C);
- контроль і регулювання температури в зоні відповідального охолодження 650...500°C;
- контроль і регулювання витрати повітря і газу для забезпечення роботи газових пальників;

Параметри контролю та регулювання виробництва наведено у табл. 5.1.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Параметри контролю та керування процесів печі відпалу

№ пор.	Назва стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Назва контрольованого чи регульованого параметра	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Зона вирівнювання температур та ізотермічної витримки	Температура	650 °С	контроль, регулювання, сигналізація
2	Зона відповідального охолодження	Температура	650..500 °С	контроль, регулювання, сигналізація
3	Трубопровід 3	Витрата	5...5200 м3/год	контроль, регулювання, сигналізація
4	Трубопровід 34	Витрата	5...5200 м3/год	контроль, регулювання, сигналізація

## 5.2 Опис розробленої схеми автоматизації печі відпалу

Для забезпечення нормальної роботи всього технологічного устаткування, підвищення продуктивності виробництва, покращення якості продукту, стабілізації, контролю та реєстрації технологічних параметрів, а також зменшення можливих помилок технологічного персоналу розроблено схему автоматизації, що призначена вирішувати всі ці завдання [22,23]. Схема автоматизації включає низку контурів автоматичного контролю та регулювання режимних параметрів технологічного процесу відпалу склотари.

Для контролю, реєстрування та регулювання температури в «зоні вирівнювання температур та ізотермічної витримки» розроблено контур 1, що складається з термоелектричного перетворювача (поз. 1-1), мікропроцесорного регулятора (1-2), пускачів магнітних безконтактних реверсивних (МП1, МП3, МП5, МП7, МП9) з кнопками запобіжного вимикання (КВ1, КВ3, КВ5, КВ7, КВ9), електричних виконавчих механізмів (1-3, 1-4, 1-5, 1-6, 1-7) [24,25].

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль, реєстрування, регулювання та стабілізацію співвідношення витрат газ : повітря забезпечують контури 2, 3, 4, 5, 6 які включають вихрові електромагнітні перетворювачі витрати газів (2-1, 2-2, 3-1, 3-2, 4-1, 4-2, 5-1, 5-2, 6-1, 6-2), мікропроцесорні регулятори співвідношення (2-3, 3-3, 4-3, 5-3, 6-3), магнітні пускачі безконтактні реверсивні (МП2, МП4, МП6, МП8, МП10) з кнопками запобіжного вимикання (KB2, KB4, KB6, KB8, KB10) та електричних виконавчих механізмів (2-4, 3-4, 4-4, 5-4, 6-4).

Контур 7 застосовують для контролю, реєстрування та регулювання температури в «зоні відповідального охолодження». Контур містить термоелектричний перетворювач (7-1), мікропроцесорний регулятор (7-2), пускачі магнітні безконтактні реверсивні (МП12, МП14) з кнопками запобіжного вимикання (KB12, KB14), електричних виконавчих механізмів (7-3, 7-4).

Контроль, реєстрування, регулювання та стабілізацію співвідношення витрат газ : повітря забезпечують контури 8,9 які включають вихрові електромагнітні перетворювачі витрати газів (8-1, 8-2, 9-1, 9-2), мікропроцесорні регулятори співвідношення (8-3, 9-3), магнітні пускачі безконтактні реверсивні (МП13, МП15) з кнопками запобіжного вимикання (KB13, KB15) та електричних виконавчих механізмів (8-4, 9-4).

Контур 22, контур 32 та контур 33 контролюють та регулюють роботу вентиляторів для створення конвекційних потоків в «зоні вирівнювання температур та ізотермічної витримки», в «зоні відповідального охолодження», та «зоні швидкого охолодження». Контур 34 контролює та регулює обертання валу стрічкового конвеєра. Контури складаються з мотору (М1, М2, М3, М4), магнітного пускача безконтактного неререверсивного (МП11, МП16, МП17, МП18) з кнопкою запобіжного відмикання з підсвічуванням (KB11, KB16, KB17, KB18), кнопки керування зеленою та червоною і відповідно сигнальні лампи світлодіодні з зеленим та червоним індикатором.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 5.3 Специфікація устаткування, виробів та матеріалів

Специфікація на описані прилади наведена у додатку Б (таблиця Б.1).

### 5.4 Висновки

Розроблена схема автоматизації дозволяє здійснити контроль та регулювання основних технологічних параметрів, таких як температура в зоні вирівнювання температур та ізотермічної витримки і в зоні відповідального охолодження. Також співвідношення витрат газ-повітря для забезпечення обігріву камер. Автоматизація печі відпалу полягає в установці спеціального обладнання, яке без втручання людини регулює процес зняття напружень. Спеціальні датчики проводять спектральний аналіз скла, збирають інформацію про температуру всередині кожної функціональної зони. Завдяки отриманим даним комп'ютер виробляє регулювання роботи печі відпалу. Він прискорює або уповільнює конвеєр, що подає скло на відпал, змінює температуру в різних функціональних відділах.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

З технологічної частини проекту видно, що в проектованому виробництві застосовуються шкідливі, пожежо- і вибухонебезпечні речовини й матеріали; використовується механічна, теплова, електрична енергія, енергія стисненого газу.

Міжцеховий і внутрішньоцеховий транспорт представлено стрічковими горизонтальними і похилими конвеєрами, ящиковими живильниками, автотранспортом, шнеками, елеваторами, рейковим транспортом.

Об'єкт виконано з урахуванням вимог охорони праці та пожежної профілактики. У цьому розділі в результаті аналізу шкідливих і небезпечних виробничих чинників у виробничому цеху розроблено заходи, які направлені на створення здорових і безпечних умов праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.[39]

### 6.1 Охорона праці

6.1.1 Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників та заходи щодо охорони праці

#### 6.1.1.1 Повітря робочої зони

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99, роботи, що виконуються у виробничому цеху за витратами фізичної енергії належать до категорії середньої тяжкості Пб.

У таблиці 6.1 приведені затвердженні проектом значення параметрів мікроклімату для теплого і холодного періодів року. У додатку Б (таблиця Б.1) наведено перелік шкідливих речовин, що утворюються в результаті зберігання і обробки, з короткою характеристикою токсичності.[40]

Температура обладнання не повинна бути більшою ніж на 2 °С за межу оптимальних величин температури повітря  $t_n = t_{opt} + 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Для холодного періоду 21-23 °С, для теплого періоду 23-25 °С.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1 – Санітарні норми параметрів мікроклімату у виробничому цеху

Категорія робіт	Період року	Температура, °С		Відносна вологість повітря, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		Оптимальне значення	Допустиме значення	Оптимальне значення	Допустиме значення	Оптимальне значення	Допустиме значення
Пб	Теплий	20-21	18-24	60-40	65	0,3	0,4
	Холодний	17-19	16-22	60-40	75	0,5	0,4

Для підтримання нормальних метеорологічних умов на розрахованому виробництві, прийнято:

- механізація й автоматизація тяжких і працемістких робіт, дистанційне керування, безперервність ходу;
- теплоізоляція обладнання та комунікацій, що виділяють на робочі місця тепло;

Також у виробничому цеху проектом встановлена вентиляція та аспірація, налагоджене забезпечення водою. У холодний період року робочі приміщення будуть опалюватися.

#### 6.1.1.2 Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28-06, роботи на виробництві за зоровими умовами належать до розряду VIIa. У проекті розроблено використання природнього, штучного і суміщеного освітлення. Природне освітлення є системою бічного освітлення. Штучне освітлення являє собою систему загального рівномірного освітлення, при якій світильники розташовуються у верхній частині приміщення.[41]

Проектом виробництва розроблено: аварійну, евакуаційну і ремонтну системи штучного освітлення.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			



Таблиця 6.2 – Санітарні норми параметрів освітлення

Розряд і підрозряд зорових робіт	Освітленість, Лк		КЕО 1	
	Штучне освітлення		Природне освітлення	Суміщене освітлення
	Комбіноване	Загальне	Верхнє і бічне	Верхнє і бічне
VIIa	700	400	1	0,7
IVб	500	200	4	24

Штучне освітлення представлено люмінесцентними лампами типу ЛБ (низький тиск). Відповідно до ДБН В.2.5-28-06, прийнято напругу 220 В. У разі відключення робочого освітлення спроектовано аварійне освітлення.

#### 6.1.1.3 Виробничий шум і вібрація

Робота технологічного обладнання на лініях підготовки шихти і формування пляшки створює виробничий шум. Шум є постійним. Допустимий рівень шуму на виробництві відповідно до ДСН 3.3.6 037-99 - 80 дБА. На території підприємства рівень шуму складає 80 дБА, в цеху з виробництва склотари - 65 дБА.[42]

Джерелом вібрації є формувальні машини, змішувачі, відсікачі.

Таблиця 6.3 – Допустимий рівень вібрації на робочому місці

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях	1,3/108	0,45/99	0,22/93	0,2/92	0,2/92	0,2/92

Захистом від виробничого шуму на виробництві обрано пристрої звукоізоляції – перегородки й екрани, що встановлені між джерелом шуму і робочими місцями, засобами індивідуального захисту є навушники та беруші.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щоб знизити рівень вібрації передбачено використання сталевих пружинних амортизаторів.

#### *6.1.1.4 Електробезпека*

Результатом дотику до відкритої струмоведучої частини та до струмопровідного неструмоведучого елемента обладнання, який опинився під напругою через порушення ізоляції може відбутися ураження електричним струмом робітника чи ураження кроковою напругою або через електродугу.

Щоб забезпечити безпечну роботу, в робочих електроустановках передбачено сукупність заходів: використання ізоляції для частини електроустаткування; для відкритих струмоведучих частин електроустаткування передбачено захист сіткою; використання занулення обладнання; забезпечення захисту електропроводки від механічного пошкодження прокладками проводів у трубах, що сховані у металорукаві; встановлення електричного обладнання згідно з умовами навколишнього середовища; закриття та забезпечення пиленепроникності електродвигунів; використання захисних засобів, діелектричних рукавичок, інструментів, що мають ізолюючі рукоятки, покажчиків напруги, діелектричних галош, ізолюючих підставки; проведення регулярного огляду та своєчасних ремонтів електроустаткування.[43]

## **6.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

### **6.2.1 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання**

На виробництві використовується обладнання, що має рухомі деталі, до якого належать дробарки, сушильні барабани, змішувачі.

Теплових агрегатів, які працюють з використанням природного газу повинні відповідати підвищеним вимогам із виробничої безпеки. Природний газ може легко запалюватися і є вибухонебезпечним при змішуванні з повітрям, також може відбутися виділення отруйного газу СО при неповному згорянні палива. Витік газу може призвести до витіснення кисню з повітря робочої зони.

					<b>МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Передбачено захист рухомих частин обладнання сітчастими металевими огорожами, щоб запобігти небезпеці отримання травми. Передбачено обладнання сушильних барабанів блокуванням, яке у разі заклинювання валків та перевантаження електродвигуна автоматично відключить привід та подасть звуковий сигнал. Щоб захистити робітників від деталей та частин обладнання, що обертається на виробництві передбачено застосування сітчастих стаціонарних огорожень.

### 6.2.2 Пожежна безпека

На проєктованих дільницях виробництва горючими елементами можуть бути двері, вікна та шафи з дерева, також може відбутися витік природного газу.

Спалах може спричинитися: іскрами електрозамикання, зарядами статичної електрики, перегрівом електроустаткування. В наслідок короткого замикання може відбутися руйнування кабелів, проводки та загоряння.[44]

У таблиці В.1 (ДОДАТОК В) наведено показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин і матеріалів, і класифікація цеху за ними. У проєкті представлено заходи пожежної безпеки: встановлення внутрішніх протипожежних водопроводів, пожежних кранів, відповідно до СНіП 2.09.02-85; використання пінних вогнегасників ВХП-10; наявність ємностей з піском, пожежних щитів; вмонтовано сигналізацію з датчиками РП-50 і СТХ-174; розроблено захист ізоляції від теплових і механічних дій; захист від статичної електрики передбачено заземленням виробничого устаткування, резервуарів, трубопроводів; проведення нейтралізації повітря зволоженням або йонізацією. На технологічному устаткуванні (сушарки, піч, газопроводи) передбачено використання запобіжних пристроїв (мембран, клапанів) та автоматичних пристроїв від струмів короткого замикання.

### 6.2.3 Аналіз небезпеки об'єкта

Згідно з положенням «Про план і ліквідацію надзвичайних ситуацій» цех з виробництва склотари відноситься до категорії «Б».

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо ступінь руйнування елементів цеху та очікувані збитки за величиною  $\Delta P_{\phi} = 25$  кПа.[45]

Прогнозування очікуваних збитків та ступенів руйнування представимо у вигляді підсумкової таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Результат прогнозування та оцінки наслідків аварії

В якій зоні руйнувань об'єкт. Надмірний тиск	Елементи цеху	Ступінь руйнування	Очікувані збитки, %	Характер пожеж	Ступінь ураження виробничого персоналу
Зона середніх руйнувань, $\Delta P_{\phi} = 25$ кПа	Будівля	середні	30-50	Окремі пожежі, що швидко переходять в суцільні і супроводжуються вибухами та руйнуванням виробничого обладнання	Може вижити 50 % людей, більшість з яких буде уражено прямою дією УХ і також непрямою дією – уламками зруйнованих будівель та споруд, а також може опинитися під завалами
	Верстати	середні	30-50		
	Трубопроводи	середні	30-50		
	Кабельні мережі	середні	30-50		
	Контрольно-вимірвальна апаратура	сильні	50-90		

В результаті аварії, що спричинить вибух виробничий цех може потрапити до зони середніх руйнувань. Щоб зменшити наслідки впливу вибуху на виробничий цех потрібно здійснити низку заходів:

- укріплення приміщення цеху додатковими колонами, фермами, підкосами;
- закріплення верстатів на фундаменті та встановлення захисних ковпаків або навісів;
- прокладання під землею трубопроводів та кабельних мереж;
- встановлення металевих сіток на вікна цеху;
- зменшити кількість вибухової речовини до безпечної.

## 7 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО СТАРТАП-ПРОЕКТУ

### 7.1 Резюме стартап-проекту та загальна характеристика розробки

Таблиця 7.1 – Резюме стартап-проекту

Показник	Характеристика
1. Ідея	Впровадження високоефективної теплоізоляції скловарної печі при виробництві скляної тари
2. Наявність аналогів або прототипів ідеї	Заводи з виробництва скляної тари, основним тепло-технологічним агрегатом яких, є скловарні печі з традиційним компонуванням футерівки склепіння
3. Основна потреба, яку задовольнить реалізований стартап	Підвищення енергоефективності печей та зменшення ціни на кінцевий продукт
4. Ступінь розробленості технології реалізації	90-100 %
5. Класифікація продукту стартапу за міжнародною класифікацією товарів	Клас 21: 210045 Пляшки
6. КВЕД, до якого може належати дане виробництво	(С) Переробна промисловість (23) Виробництво іншої неметалевої мінеральної продукції (23.1) Виробництво скла та виробів зі скла
7. Очікувана потужність стартапу	Велике
8. За масштабом виробництва	Масове
9. За рівнем спеціалізації	Вузькопрофільне
10. За ресурсами, що споживатимуться	Працемістке, матеріаломістке, капіталомістке
11. За чисельністю персоналу	Середнє
12. Органи управління при реалізації стартапу	Національні
13. Бажане географічне розташування - потужностей стартапу; - офісу стартапу; - збутової мережі; - постачальників комплектуючих	Потужність стартапу: м. Шепетівка Шепетівського району Хмельницької області Офіс стартапу: м. Шепетівка Збутова мережа: вся територія України Постачальників комплектуючих: м. Хмельницький
14. Місце ідеї у ланцюжку цінностей інноваційного процесу	Експлуатація
15. Гранична корисність ідеї стартапу	Зменшення теплових втрат через кладку склепіння скловарної печі, зменшення витрати природного газу
16. Бізнес-модель стартапу	B2C, B2B

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17. Конкуренти вітчизняні (ціна, на якому етапі реалізації знаходяться, основні конкурентні переваги, фактори успіху)	ПрАТ «Ветропак Гостомельський склозавод», ТОВ «Вільногірське скло», ТОВ «Бучанський завод склотарии», ПрАТ «Рокитнівський скляний завод». Конкурентні переваги: налагоджене виробництво Фактори успіху: бізнес розвивається, збільшується асортимент виробів, збільшується кількість клієнтів.
18. Конкуренти іноземні (ціна, на якому етапі реалізації знаходяться, основні конкурентні переваги, фактори успіху)	Франція «BSN-Glasspack» Ірландія «Ardagh Glass» Налагоджене виробництво
19. Ключові фактори успіху стартапу	Підвищення ККД скловарної печі, зменшення витрати газу і в результаті зменшення собівартості виробів
20. Споживачі (основні на етапі впровадження, групи, орієнтовна чисельність)	Підприємства оптової та роздрібної торгівлі, підприємства-виробники алкогольних та безалкогольних напоїв
21. Планова кількість продукту розробки для першого етапу реалізації	5000000 шт.
22. Мінімальна кількість виробництва за методом точки беззбитковості	8815964 шт.
23. Споживачі на етапі розвитку	Підприємства оптової та роздрібної торгівлі
24. Споживачі на етапі зрілості	Підприємства оптової та роздрібної торгівлі, підприємства-виробники алкогольних та безалкогольних напоїв
25. Конкурентна ціна на продукт стартапу	2,8 грн
26. Плановий рівень рентабельності при реалізації продукту	20-25 %
27. Капіталовкладення в проект	605968116,8 грн
28. Строк окупності проекту	4,58 років
29. Джерела фінансування	Зовнішні, національні, іноземні.
30. Основні компоненти продукції стартапу (їх доля у готовому товарі, ступінь готовності компонентів у наявному виробництві)	Пісок (44%) Содо-сульфатна суміш (17%) Вапняк (14%) Глинозем (2%) Склобій (23%)

31. Потенційні постачальники складових компонентів розробки (виділити вітчизняних і закордонних, плановий обсяг замовлень, наявна потужність постачальника)	Постачальники піску: Новоселівське родовище (плановий обсяг замовлення: 54982 т/рік) Постачальники соди: ТОВ «НОВОХІМ» (11713,2 т/рік) Постачальники сульфату: Одеський припортовий завод (7808,8 т/рік) Постачальники вапняку: Нігинсько-Вербецьке родовище (17261 т/рік) Постачальники глинозему: Миколаївський глиноземний завод (1506 т/рік) Постачальники склобою: Линник А.Б., ФЛП, Шепетівка (20768 т/рік)
32. Планове місце реалізації результату розробки (місце, планова доля реалізації продукту через це місце)	Торгові центри (50 %); Інтернет-магазин → склад (50%)
33. Наявність посередників при реалізації (так, ні, орієнтовні посередники, форми оплати їх діяльності)	Немає
34. Методи просування результатів розробки на ринок	Пропаганда, реклама, стимулювання збуту

Загальна характеристика розробки:

1) Тема: Впровадження високоефективної теплоізоляції скловарної печі при виробництві скляної тари.

2) Мета: Підвищення енергоефективності печей за рахунок теплоізоляції та в результаті зменшення ціни на кінцевий продукт.

Місце товару у міжнародній класифікації товарів – Пляшки (210045).

Цінність – зберігання рідин. Гранична корисність товару – зберігання та споживання алкогольних і безалкогольних напоїв.

3) Суб'єкт замовлення: підприємства оптової та роздрібної торгівлі, підприємства-виробники алкогольних та безалкогольних напоїв.

4) Об'єкт дослідження: Теплоізоляція скловарної печі при виробництві скляної тари.

5) Місце розробки у інноваційному ланцюжку цінності: експлуатація.

Ринок збуту

Ринок споживчих товарів → Клас «Непродовольчі товари» → Комплекс «Господарські товари» → Група: посуд і столові прилади

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продукт задовольняє потреби підприємств-виробників алкогольних і безалкогольних напоїв у якісній та дешевій скляній тарі. Також, за допомогою нашої продукції підприємства оптової та роздрібною торгівлі зможуть збільшити різноманітність продукції, що продається, і цим збільшити клієнтську базу та як результат отримати прибуток.

Конкурентні переваги: ціна, високі експлуатаційні характеристики, міцність, хімічна стійкість, висока прозорість, збереження смаку (аромату, запаху) продукту, екологічність, високі естетичні властивості, довговічність, багаторазовість використання, можливість повторної переробки.[46]

## 7.2 Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу

Таблиця 7.2 – Загрози та можливості зовнішнього середовища

Сфера	Загрози	Можливості
Політика	Ведення бойових дій в зоні АТО, що може перерости у міждержавну війну	Надання робочих місць біженцям та вимушеним переселенцям
Економіка	Швидка зміна курсу валют, підвищення розміру податків	Висока швидкість обороту капіталу
Географія	Далеке розташування від ринків збуту та сировини (транспортні проблеми)	Можливість використання природних ресурсів в межах області
Демографія	Еміграція населення України	Швидкий потік робочих кадрів
Культура	Зміна модних тенденцій на тару для напоїв	Створення нових дизайнів скляної тари
НТП	Проведення нових досліджень та розробка новітніх технологій	Поява нового обладнання та впровадження сучасної технології виробництва



Таблиця 7.3 – Аналіз факторів зовнішнього оперативного середовища

Фактор	Переваги	Недоліки
Споживачі	Великий ринок збуту за рахунок великої кількості підприємств-виробників напоїв та популярності товарів	Орієнтація на великі підприємства
Постачальники	Наявність в Україні великої кількості родовищ основної сировини	Необхідність постійний контролю якісного складу сировини
Конкуренти	Використання ефективної теплоізоляції, що здешевить товар і дасть можливість конкурувати з існуючими підприємствами	Контроль ринку конкурентами є перепорою у встановленні вигідної позиції при збуті товару

Таблиця 7.4 – Переваги і недоліки внутрішнього середовища

Фактор	Переваги	Недоліки
Впровадження високоефективної теплоізоляції	Підвищення ККД печі та зменшення витрати газу на виробництво скляної тари	Додаткові витрати на теплоізоляцію печі
Велика потужність виробництва	Виробляється велика кількість виробів, що при невеликому збільшенні ціни на одиницю товару, дає велике збільшення прибутку	Пошук великої кількості та великих за потужністю підприємств споживачів
Розташування заводу: село	Дешевші ціни на тарифи, працю, матеріали	Проблеми з кадрами: не всі матимуть бажання працювати в селі

### 7.3 Визначення ключових факторів успіху проекту

Для виробництва вузькогорлої скляної тари важливими є такі характеристики: ціна, міцність, хімічна стійкість, висока прозорість, екологічність, естетичні дані. Методом експертних опитувань визначаємо вагомість кожної з характеристик продукції від 0 до 1.

Конкурентами, які виготовляють аналогічну продукцію є компанії ПрАТ «Ветропак Гостомельський склозавод», ТОВ «Вільногірське скло», ТОВ «Бучанський завод склотари», ПрАТ «Рокитнівський скляний завод». Методом експертного опитування оцінюємо кожен з характеристик від 1 до 5 балів для

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нашої продукції і для конкурентів та наводимо зведену таблицю оцінки характеристик продукції (табл. 7.5).

Таблиця 7.5 – Оцінка характеристик продукції

Характеристика	Коефіцієнт вагомості характеристики	Оцінка характеристик				
		Наша продукція	Конкурент «Ветропак Гостомельський склозавод»	Конкурент «Вільногірське скло»	Конкурент «Бучанський завод склотари»	Конкурент «Рокитнівський скляний завод»
Ціна	0,4	5	4	3	3	4
Міцність	0,125	4	4	4	3	3
Хімічна стійкість	0,15	5	5	5	4	4
Висока прозорість	0,15	5	4	3	3	4
Екологічність	0,075	5	5	5	5	5
Естетичні дані	0,1	5	4	4	4	5

Враховуючи коефіцієнт вагомості характеристики, було визначено бальну оцінку кожної з характеристик (табл. 7.6).

Таблиця 7.6 – Бальна оцінка характеристик продукції

Характеристика	Бальна оцінка характеристик				
	Наша продукція	Конкурент «Ветропак Гостомельський склозавод»	Конкурент «Вільногірське скло»	Конкурент «Бучанський завод склотари»	Конкурент «Рокитнівський скляний завод»
Ціна	2	1,6	1,2	1,2	1,6
Міцність	0,5	0,5	0,5	0,375	0,375
Хімічна стійкість	0,75	0,75	0,75	0,6	0,6
Висока прозорість	0,75	0,6	0,45	0,45	0,6
Екологічність	0,375	0,375	0,375	0,375	0,375
Естетичні дані	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5

Будуємо графік для порівняння конкурентних переваг нашого підприємства з іншими підприємствами-виробниками (рис. 7.1).

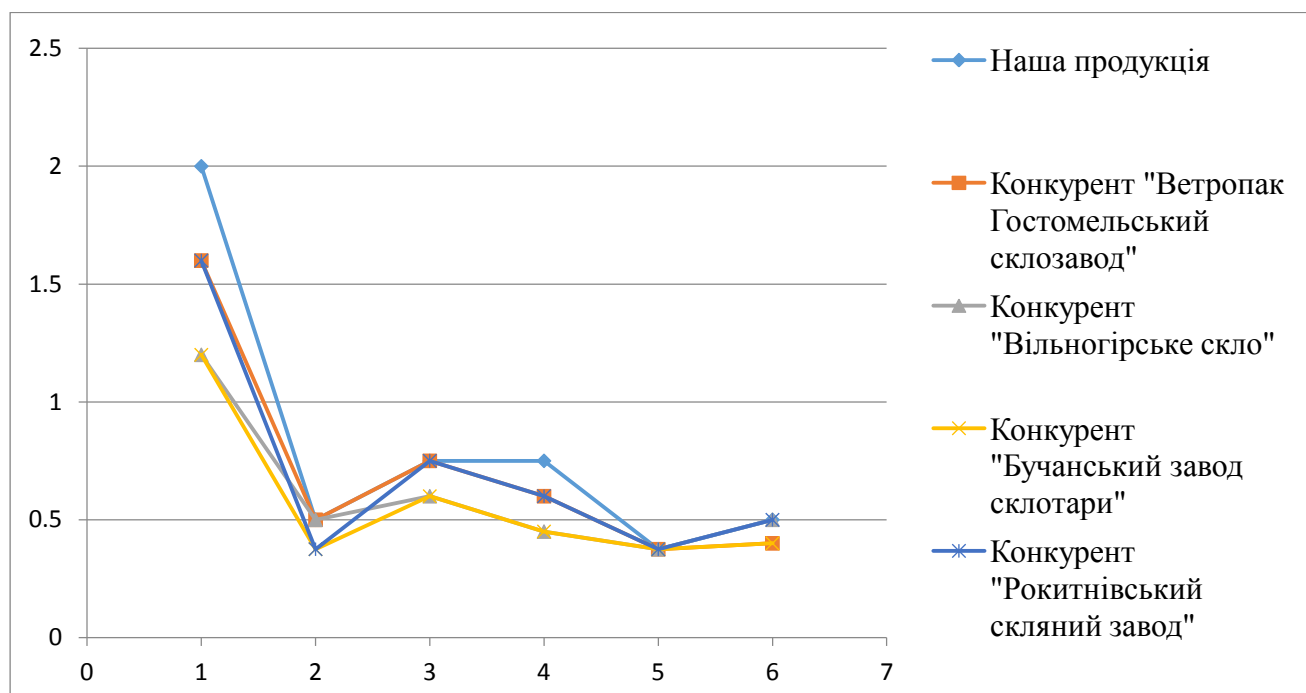


Рис. 7.1 – Графік порівняння конкурентних переваг нашого підприємства з підприємствами-виробниками скляної тари

Висновок: згідно з отриманими результатами фактором переваги продукції проектного підприємства є ціна та висока прозорість.

За показниками «міцність» та «хімічна стійкість» наше підприємство має двох конкурентів – компанії ПрАТ «Ветропак Гостомельський склозавод» та ТОВ «Вільногірське скло».

За показником «екологічність» всі перераховані підприємства є конкурентоспроможними.

За показником «естетичні дані» наше підприємство має тільки одного конкурента – компанія ПрАТ «Рокитнівський скляний завод». Таким чином, наше підприємство повинно зосередитися на покращенні міцності та хімічної стійкості виробів.

## 7.4 Визначення потенційних споживачів

Таблиця 7.7 – Класифікація потенційних споживачів

Критерій	Значення
<b>1. Юридична особа</b>	
1. Форма власності (державне, приватне, колективне, комунальне, змішане)	Державне, приватне
2. КВЕД	Виробництво напоїв, оптова та роздрібна торгівля
3. За потужністю (малі, середні, великі)	Середні, великі
4. За масштабом виробництва (одиничні, серійні, масові)	Серійні
5. За рівнем спеціалізації (вузькопрофільні, багатoproфільні, комбіновані)	Вузько- та багатoproфільні
6. За ресурсами, що споживаються (працемісткі, матеріаломісткі, капіталомісткі, інформація)	Матеріаломісткі, капіталомісткі
7. За чисельністю персоналу (малі, середні, великі)	Середні, великі
8. За сферою діяльності (виробничі, комерційні, фінансові, посередницькі, страхові)	Виробничі, комерційні
9. За приналежністю капіталу і контролю (національні, іноземні, спільні, багатонаціональні)	Національні
10. За географічним розташуванням	На всій території України
11. За віддаленістю органів управління (національні, міжнародні, офшорні, транснаціональні)	Національні, міжнародні
12. За характером господарської діяльності (промислові, сільськогосподарські, транспортні, будівельні, фінансово-кредитні, страхові, туристичні, консалтингові)	Промислові, торгові
13. За рівнем технологічної цілісності (провідні, дочірні, філії)	Провідні, дочірні
14. За долею іноземного капіталу (з іноземними інвестиціями (більше 10%), іноземне підприємство (100%))	Більше 10 %
15. За формуванням статутного капіталу (унітарні, корпоративні)	Унітарні, корпоративні
16. За організацією виробничих процесів (періодичні, безперервні)	Безперервні
17. За роботою протягом року (сезонні, позасезонні)	Позасезонні

18. За географічним розташуванням на території України	Розташовані у великих містах України
19. За наявністю вільних ОБЗ (коштів)	Наявні
20. За динамікою розвитку регіону розташування юридичної особи: • Регіон • Чисельність населення • Динаміка росту регіону • Структура регіону • Правові обмеження торгівлі	Великий регіон Чисельність населення більше 100000 Динаміка росту регіону позитивна Структура регіону: великі міста

Отримано первинну інформацію про потреби споживачів та перевірено правильність визначення. Проведення первинних досліджень передбачає опитування споживачів веденням особистої розмови та проведенням анкетування. Анкета складається зі звернення, мети анкетування та запитань, які стосуються смаків, переваг клієнта та його потреби в даному товарі. Після проведення анкетування та обробки результатів було зроблено висновок про важливість даних категорій клієнтів та визначено потреби, які вони зможуть задовольнити за допомогою нашого продукту.

Результати і підсумки дослідження наведено в табл. 7.8.

Таблиця 7.8 – Категорії клієнтів та їх потреби

Категорія клієнтів	Потреби, які він задовольняє за допомогою нашого продукту
Приватні та державні підприємства-виробники алкогольних та безалкогольних напоїв, що знаходяться на території України у великих містах та мають долю іноземного капіталу з безперервною організацією виробничого процесу незалежно від сезону	Наш продукт задовольняє потреби підприємств-виробників алкогольних і безалкогольних напоїв у якісній та дешевій скляній тарі.
Приватні підприємства сфери оптової і роздрібною торгівлі (багатoproфільні), що знаходяться на території України у великих містах та мають долю іноземного капіталу з безперервною організацією виробничого процесу незалежно від сезону	За допомогою нашої продукції підприємства сфери торгівлі зможуть збільшити різноманітність продукції, яку вони продають, і, як наслідок, розширити свою клієнтську базу та збільшити власний прибуток

В результаті визначення категорій потенціальних споживачів розроблено плановий обсяг випуску продукції за місяцями (табл. 7.9).

Таблиця 7.9 – Плановий обсяг випуску продукції за місяцями

Місяць	Споживач	Кількість виробів, млн шт./місяць	Місяць	Споживач	Кількість виробів, млн шт./місяць
Січень	Підприємства-виробники напоїв	16,433	Липень	Підприємства-виробники напоїв	16,546
	Торгівля	3,972		Торгівля	3,972
Лютий	Підприємства-виробники напоїв	16,433	Серпень	Підприємства-виробники напоїв	16,570
	Торгівля	3,972		Торгівля	3,722
Березень	Підприємства-виробники напоїв	16,433	Вересень	Підприємства-виробники напоїв	16,621
	Торгівля	3,972		Торгівля	3,784
Квітень	Підприємства-виробники напоїв	16,433	Жовтень	Підприємства-виробники напоїв	17,505
	Торгівля	3,834		Торгівля	2,920
Травень	Підприємства-виробники напоїв	16,433	Листопад	Підприємства-виробники напоїв	17,640
	Торгівля	3,972		Торгівля	2,765
Червень	Підприємства-виробники напоїв	16,531	Грудень	Підприємства-виробники напоїв	17,800
	Торгівля	3,972		Торгівля	2,765

Отже, річний випуск становить 245 млн виробів.

## 7.5 Ціна інноваційної пропозиції на ринку

Таблиця 7.10 – Проектні ціни продажу ідеї

Найменування товару	Планові обсяги продажу		Аналоги, прототипи	
	Кількість, од.	Ціна, грн/од.	Кількість, од.	Ціна, грн/од.
Пляшка для алкогольних та безалкогольних напоїв	245000000	2,8	Починаючи від 100000	4,5

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Основні методи ціноутворення:

### 1) Витратний метод

Таблиця 7.11 – Забезпеченість проекту основними засобами

Місце ОЗ в технологічному процесі	Назва ОЗ	Вартість/Амортизація, грн	Плановий період експлуатації, роки	Очікуваний постачальник	Джерело фінансування придбання
Лінія підготовки сировини	Кран мостовий грейферний (3 од.)	60 000/ 5 000	12	ТОВ «СДМ-ГРУПП»	Грант Європейський банк реконструкцій та розвитку
Лінія підготовки сировини	Бункер з решіткою (7 од.)	140 000/ 5600	25	ТОВ «Буд-Строй»	
Лінія підготовки сировини	Живильник хитний (6 од.)	30 000/ 3 000	10	ТОВ «МінералМаш»	
Лінія підготовки сировини	Транспортер стрічковий (5 од.)	75 000/ 6 250	12	ТОВ «МінералМаш»	
Лінія підготовки сировини	Сушильний барабан (1 од.)	9 000/ 1 125	8	ТОВ «МінералМаш»	
Лінія підготовки сировини	Елеватор (8 од.)	80 000/ 6 667	12	ТОВ «СДМ-ГРУПП»	
Лінія підготовки сировини	Сито полігональне (3 од.)	60 000/ 6 000	10	ТОВ «СДМ-ГРУПП»	
Лінія підготовки сировини	Магнітний сепаратор (1 од.)	12 000/ 1 500	8	ТОВ «МінералМаш»	
Лінія підготовки сировини	Вібраційний лоток (3 од.)	24 000/ 3 000	8	ТОВ «МінералМаш»	
Лінія підготовки сировини	Силосна банка (11 од.)	55 000/ 6 875	8	ТОВ «Буд-Строй»	
Лінія підготовки сировини	Щокова дробарка (1 од.)	25 000/ 4167	6	ТОВ «МінералМаш»	
Лінія підготовки сировини	Молоткова дробарка (1 од.)	30 000/ 5 000	6	ТОВ «МінералМаш»	

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 7.11

Лінія підготовки сировини	Шаровий млин (1 од.)	105 000/ 8 750	12	ТОВ «МінералМаш»
Лінія підготовки сировини	Конвеєр гвинтовий (2 од.)	40 000/ 3333	12	ТОВ «МінералМаш»
Лінія підготовки сировини	Вібросито (2 од.)	30 000/ 3 750	8	ТОВ «СДМ-ГРУПП»
Лінія підготовки сировини	Пневмошнек (5 од.)	50 000/ 4 167	12	ТОВ «СДМ-ГРУПП»
Лінія підготовки сировини	Камерний насос (2 од.)	30 000/ 5 000	6	ТОВ «СДМ-ГРУПП»
Лінія підготовки сировини	Бункер ДЗВ (2 од.)	40 000/ 2 000	20	ТОВ «Буд-Строй»
Лінія підготовки сировини	Дезінтегратор (1 од.)	30 000/ 2 500	12	ТОВ «МінералМаш»
Лінія підготовки сировини	Миючий барабан (2 од.)	20 000/ 1 667	12	ТОВ «Буд-Строй»
Змішування компонентів шихти	Змішувач (2 од.)	20 000/ 1 667	12	ТОВ «Буд-Строй»
Завантаженн я шихти у піч	Механічний завантажувач (4 од.)	60 000/ 7 500	8	ТОВ «Буд-Строй»
Варіння скломаси	Скловарна піч (2 од.)	6 000 000/ 500 000	12	ТОВ «СКЛОВАРНІ ПЕЧІ ЛТД»
Формування скловиробів	Склоформуюч а машина (5 од.)	12500000/ 1 041 667	12	ТОВ "СклоСервіс"
Відпал скловиробів	Піч відпалу (5 од.)	10000000/ 833 333	12	ТОВ "СклоСервіс"
Контроль якості виробів	Автомат контролю якості виробів (4 од.)	160 000/ 13 333	12	ТОВ "СклоСервіс"
Пакування готових виробів	Пакувальна машина (3 од.)	90 000/ 7 500	12	ТОВ "СклоСервіс"



Амортизація:

$$A_{\text{приміщення}} = C_{\text{приміщення}} / T_{\text{експ}} = 25\,500\,000 / 30 = 850\,000 \text{ грн/рік},$$

$$A = A_{\text{приміщення}} + A_{\text{обладнання}} = 850\,000 + 2\,490\,351 = 3\,340\,351 \text{ грн/рік}.$$

Вартість приміщення: 25 500 000 грн.

Вартість обладнання: 29 775 000 грн.

Всього: 55 275 000 грн.

ОФ = 55 275 000 грн.

Таблиця 7.12 – Забезпеченість проекту оборотними фондами

Оборотні фонди	Норма витрат на рік,	Ціна, грн	Очікуваний постачальник	Джерело фінансування
Електроенергія на обладнання	74 995 200 кВт	145 490 688	Шепетівський РЕМ ПАТ «Хмельницькобленерго»	Грант Європейський банк реконструкцій та розвитку
Електроенергія на освітлення	543 352 кВт	1 054 102	Шепетівський РЕМ ПАТ «Хмельницькобленерго»	
Вода	500 м <sup>3</sup>	7 104	Шепетівське комунальне підприємство водопровідно-каналізаційного господарства	
Природний газ	11 757 312 м <sup>3</sup>	171 492 152,8	ПрАТ «Шепетівкагаз»	
Пісок кварцовий	54 982 т	98 967 600	Новоселівське родовище	
Глинозем	1 506 т	3 765 000	Миколаївський глиноземний завод	
Сода кальцинована	11 713,2 т	58 566 000	ТОВ «НОВОХІМ»	
Сульфат натрію	7 808,8 т	19 522 000	Одеський припортовий завод	
Вапняк	17 261 т	34 522 000	Нігинсько-Вербецьке родовище	
Склобій	20 768 т	10 384 000	Линник А.Б., ФЛП, Шепетівка	

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 7.12

ПП стрічка	5 рулонів	1 500	ТОВ «АРКА ГРУПП»	Власні кошти
Термоусадочна плівка	200 кг	8 000	ТОВ «АРКА ГРУПП»	Власні кошти
Засоби з охорони праці	-	52 000	ТОВ «ПРОФИСНАБ»	Власні кошти
Засоби прибирання	-	1 500	ТОВ «Ашан Україна Гіпермаркет»	Власні кошти
Канцелярське приладдя	-	630	ТОВ «Ашан Україна Гіпермаркет»	Власні кошти
Всього		543 834 276,8		

Фонд оплати праці наведено в таблиці 7.13.

Таблиця 7.13 – Забезпеченість проекту трудовими ресурсами

Категорія кадрів	Назва посади	Чисельність за списком на посаді	Кваліфікаційні вимоги	Плановий рівень заробітної плати в місяць на 1/на всіх	Джерело фінансування ФОП
Робочі основні	Скловар	3	Вища освіта, досвід роботи 3 роки	10 000/ 30 000	Фінансові інвестиції, кредити вітчизняних фінансових установ
	Оператор склоформуєчих машин	3	Вища освіта, досвід роботи 3 роки	10 000/ 30 000	
	Операторі лінії підготовки сировини	3	Вища освіта, досвід роботи 2 роки	8 000/ 24 000	
	Контролери III – IV розряду	3	Вища освіта, досвід роботи не обов'язково	8 000/ 24 000	
Робочі допоміжні	Слюсар-ремонтник	3	Вища або професійна освіта, досвід роботи 1 рік	6 500/ 19 500	
	Електрослюсар	1	Вища або професійна освіта, досвід роботи 1 рік	7 000/ 7 000	
	Працівник відділу кадрів	1	Вища освіта, досвід роботи не обов'язково	6 500/ 6 500	
	Водій навантажувачів	6	Наявність водійського посвідчення	5 500/ 33 000	
	Прибиральниця	3	Можуть бути некваліфіковані	4 000/ 12 000	
	Охоронець	5	Можуть бути малокваліфіковані	4 500/ 22 500	

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 7.13

Спеціалісти	Менеджер з продажу	1	Вища освіта, досвід роботи 1 рік	9 500/ 9 500
	Менеджер по роботі з клієнтами	1	Вища освіта, досвід роботи 2 роки	9 000/ 9 000
	Бухгалтер	1	Вища освіта, бажано досвід роботи	8 000/ 8 000
	Маркетолог	1	Вища освіта, досвід роботи 2 роки	8 500/ 8 500
Молодший персонал	Лаборант	3	Вища або професійна освіта, досвід роботи не обов'язково	6 000/ 18 000
	Контролер I-II розряду	3	Вища або професійна освіта, досвід роботи не обов'язково	5 000/ 15 000
	Помічник скловара	3	Вища освіта, досвід роботи 1 рік	6 500/ 19 500
	Помічник оператора склоформуєчих машин	3	Вища освіта, досвід роботи 1 рік	6 500/ 19 500
Керівники	Директор заводу	1	Вища освіта, досвід роботи 5 років	18 000/ 18 000
	Заступник директора	1	Вища освіта, досвід роботи 3 роки	14 000/ 14 000
	Начальник цеху	1	Вища освіта, досвід роботи 2 роки	13 000/ 13 000
	Головний технолог	1	Вища освіта, досвід роботи 5 років	15 000/ 15 000
	Начальник лабораторії	1	Вища освіта, досвід роботи 3 роки	13 000/ 13 000
	Начальник ВТК	1	Вища освіта, досвід роботи 3 роки	15 000/ 15 000
	Начальник відділу підготовки шихти	1	Вища освіта, досвід роботи 3 роки	13 000/ 13 000
	Начальник відділу логістики	1	Вища освіта, досвід роботи 3 роки	13 000/ 13 000
	HR-менеджер	1	Вища освіта, досвід роботи 2 роки	13 000/ 13 000

Продовження таблиці 7.13

	Начальник відділу ремонту обладнання	1	Вища освіта, досвід роботи 2 роки	13 000/ 13 000	
	Начальник відділу маркетингу	1	Вища освіта, досвід роботи 3 роки	13 000/ 13 000	
Всього		50		468 500	

$$ЗП_{12міс} = 12 \cdot ЗП = 5\,622\,000 \text{ грн}$$

Нарахування та утримання із заробітної плати:

$$Нарох_{зн} = ЗП \cdot 0,22\% = 468\,500 \cdot 0,22\% = 103\,070 \text{ грн},$$

$$Нарох_{зн12міс} = Нарох_{зн} \cdot 12 = 1\,236\,840 \text{ грн}.$$

Фонд оплати праці на виробництві становить:

$$ФОП_{12міс} = ЗП_{12міс} + Нарох_{зн} \cdot 12 = 5\,622\,000 + 1\,236\,840 = 6\,858\,840 \text{ грн}.$$

Оборотні засоби:

$$ОбЗ = ОбФ + ФОП = 543\,834\,276,8 + 6\,858\,840 = 550\,693\,116,8 \text{ грн}.$$

Таблиця 7.14 – Калькуляція на продукцію

Елемент	Вартість грн/рік
Затрати на сировину і матеріали	225 790 230
Витрати на паливо, електроенергію, воду	318 044 046,8
Сума заробітної плати всіх працівників підприємства	5 622 000
Єдиний соціальний внесок (нарахування на заробітну плату)	1 236 840
Амортизаційні відрахування на утримання усіх ОЗ підприємства	3 340 351
Всього	554 033 467,8

Річна собівартість продукції:  $C = 554\,033\,467,8 \text{ грн}.$

Собівартість одиниці продукції:

$$C_{од} = C/B_p = 554\,033\,467,8 / 245\,000\,000 = 2,26 \text{ грн/виріб}.$$

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запланована ринкова ціна одиниці продукту:

$$Ц = C + \text{фіксований відсоток прибутку (від собівартості)} \text{ (грн/од)},$$

$$Ц = 2,26 + 0,54 = 2,8 \text{ грн.}$$

## 2) Параметричний метод

$$Ц_{\text{нової моделі}} = Ц_{\text{базової моделі}} \cdot \frac{\text{Балова оцінка нової моделі}}{\text{Балова оцінка базової моделі}}, \text{ (грн/од)},$$

де  $Ц_{\text{нової моделі}}$  – ціна нового товару, за якою він пропонуватиметься на ринку, грн/од.,

$Ц_{\text{базової моделі}}$  – ціна аналогічного товару, який вже існує на ринку, грн/од..

Отже:

$$Ц_{\text{нової моделі}} = 4,5 \cdot \frac{5}{4} = 5,625 \text{ грн/од.}$$

## 3) Конкурентний метод

Описані вище підприємства-виробники склотари загалом мають ціну на скляну пляшку 4,5-5 грн/виріб. На перших етапах реалізації товарів наша ціна за виріб буде становити 2,8 грн/од., що дасть змогу охопити великий сегмент ринку, за рахунок низької ціни.

## 4) Метод на основі аналізу точки беззбитковості

$$Ц = \frac{ПВ}{Q} + ЗВ$$

$$\begin{aligned} \text{Постійні витрати} &= A + \text{ОбФ(пост.)} + \text{ЄСВ(пост.)} = 3\,340\,351 + \\ &+ 1\,124\,836 + 674\,520 = 5\,139\,707 \text{ грн.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Змінні витрати} &= \text{ОбФ(змін.)} + \text{ЄСВ(змін.)} = 542\,709\,440,8 + 562\,320 = \\ &= 543\,271\,724,8 \text{ грн.} \end{aligned}$$

$$ЗВ = \frac{543271724,8}{245000000} = 2,217 \text{ грн/шт}$$

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 7.16 – Техніко-економічні показники проекту

№	Показники	Одиниця виміру	Умовне позначення, формула розрахунку	Числове значення
1	Річний обсяг реалізації ідеї, технології, методики	Од.	В	245000000
2	Середньорічна чисельність персоналу за списком	Осіб	$\text{Ч}_{\text{сп}} = \text{Ч}_{\text{яв}} \cdot \text{К}_{\text{пер}}$	50
3	у тому числі - основні робочі - допоміжні робочі - спеціалісти - молодший персонал - керівники	Осіб		12 19 4 12 11
4	Середньорічний виробіток робітника	Од./особу	$\text{ПП}_{\text{с.р.}} = \text{В} / \text{Ч}_{\text{сп}}$	4900000
5	Капіталовкладення у проект: - всього - на одиницю продукції	Грн Грн/од.	$\text{К} = \text{ОФ} + \text{ОбК}$	605968116,8 2,47
6	Повна собівартість: - всього - на одиницю продукції	Грн Грн/од.	$\text{С} = \text{А} + \text{ОбК}$	554033467,8 2,26
7	Відносний прибуток	Грн/од.	$\text{П} = \text{Ц} - \text{С}$	0,54
8	Рентабельність	%	$\text{Р} = (\text{П} / \text{С}) \cdot 100$	23,88
9	Період повернення капіталовкладень	Років	$\text{Т}_{\text{пов}} = \text{К} / \text{П}$	4,58
10	Фондовіддача виробничих фондів	Грн/грн	$\text{ФВ} = (\text{Ц} \cdot \text{В}) / \text{ОФ}$	12,41
11	Фондоємкість	Грн/грн	$\text{ФЄ} = 1 / \text{ФВ}$	0,08
12	Продуктивність праці	Грн/особу	$\text{ПП} = \text{В} / (\text{Ч}_{\text{сп}} \cdot \text{Т})$	1587,96
13	Коефіцієнт економічної ефективності		$\text{Е} = \text{П} / \text{К}$	0,22

## ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської дисертації була представлена технологічна схема виробництва скляної тари і основні технологічні рішення по забезпеченню конкурентоздатності запроєктованого підприємства.

Була обрана, на основі техніко-економічного аналізу, точка будівництва в Хмельницькій області, місто Шепетівка. Аналіз показав доцільність будівництва в цьому місті. Зроблений аргументований вибір сировинних матеріалів і відповідних родовищ і постачальників за умов мінімізації дальності перевезень.

Зроблений за даними каталогів вибір технологічного устаткування стосовно зберігання, транспортування і обробки компонентів сировини, компонентів шихти і, у подальшому, – шихти.

Зроблено розрахунок шихти й матеріальний баланс склоутворення. Було підраховано, що на 100 т скломаси необхідно 123,37 т шихти з урахуванням втрат. Шихта содово-сульфатна. Визначені витрати теплоти на процеси силікато- і склоутворення – 3338 кДж/кг.

Температура варіння становить 1550 °С, температура димових газів (факела) – 1800 °С, температура повітря, що надходить на горіння становить 1200 °С.

Для забезпечення необхідного обсягу виробництва потрібно дві печі. Вибрані підковоподібні печі безперервної дії з протокою, визначені основні розміри варильного басейну: довжина – 10,9 м, ширина – 6,6 м.

У теплотехнічній частині був зроблений розрахунок горіння палива, складений тепловий баланс печі. Для інтенсифікації скловаріння передбачений електропідігрів. ККД печей становить 52,33 %.

Ванні печі обладнані системою автоматизації. Контролюється рівень скломаси, тиск у полуменовому просторі, температура в печі, регулюється подача газу і повітря.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



В проекті передбачена автоматизація виробничої ділянки печі відпалу, що стабілізує режим роботи печі, а також заміняє ручне регулювання на машинне, що у свою чергу поліпшує якість готової продукції, зменшує розтрати енергії на одиницю продукції.

В розділі "Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях" розроблені заходи спрямовані на створення безпечних і здорових умов праці, тому що виготовлення скляної тари відбувається в гарячому цеху, пов'язане з виділенням великої кількості тепла.

Проект виконаний з урахуванням вимог охорони праці і пожежної безпеки.

Оскільки виробництво склотари є у вищій мірі енергоємним, особлива увага приділена питанням енергозбереження. Відомо, що найбільша частка теплових втрат припадає на склепіння ванної печі. В роботі запропоновано використання ефективної теплоізоляції склепіння. Розрахунки показали, що теплові втрати можуть бути знижені у три рази. ККД печі підвищиться з 52,33 до 54,15 %. Витрати газу зменшаться від 0,392 до 0,378 м<sup>3</sup>/с. Річний економічний ефект складатиме 5,584 млн грн. Вартісний аналіз показав, що термін окупності впровадження становитиме 3,5 тижні.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Скляна індустрія України: стан, динаміка й перспективи розвитку 2008-2012 рр. - Київ, 2012. - 262 с.
2. Сірик Т. А. Скляна тара - один із перспективних видів багаторазової упаковки / Т. А. Сірик. – Конотоп: «Вісник СумДУ. Серія Економіка», 2013.
3. Крюк Т. В. Проблеми та перспективи ринку скляних виробів в Україні [Електронний ресурс] / Т. В. Крюк. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <http://tntforum.ukrainianforum.net/t19-topic>.
4. Оптимізація витрат потужності в комплексній енергосистемі скляного виробництва / В.Калінчик, В. Пономаренко, Є. Мірошніченко, О. Аданіков. – Переяслав-Хмельницький: Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки в країнах Європи та Азії, 2018.
5. Сумарний обсяг імпорту та експорту окремих підгруп товарів за кодами УКТЗЕД // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.customs.gov.ua/dmsu/control/cstat/f11a/showstat>.
6. Асоціація підприємств скляної промисловості «Скло України» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://sklo.kiev.ua/?mid=13>.
7. ПрАТ «Ветропак Гостомельський Склозавод» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.vetropack.ua/uk/>.
8. ПрАТ «Рокитнівський скляний завод» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://rsz.com.ua/>.
9. ЗАТ «Костопільський завод скловиробів» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.kostopilglass.com/>.
10. ТОВ «Малинівський склозавод» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://malinivskiy-sklozavod.business-guide.com.ua/>.
11. ПрАТ «Консюмерс-Скло-Зоря» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.verallia.com/pro-kompan-yu>.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. ТОВ «Пісківський завод скловиробів»[Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://lappukraine.lappgroup.com/novini/prikladi-zastosuvannja/prikladi-zastosuvannja-v-ukrajini/piskivskii-zavod-sklovirobiv.html>.

13. ДСТУ 10117.2-2001. Плшки скляні для харчових рідин. Типи, параметри та основні розміри.

14. Федотова В.А., Гулоян Ю.А. Производство сортовой посуды. - М.: Легкая промышленность, 1983. – 184 с.

15. Справочник по производству стекла. Т. 1,2. - М.: Госстройиздат, 1963.

16. Шелби Дж. Структура, свойства и технология стекла/ Дж. Шелби. – М.: Мир, 2006. – 288 с.

17. Зубанов В.А., Чугунов Е.А., Юдин Н.А. Механическое оборудование стекольных и ситалловых заводов. - М.: Машиностроение, 1975.

18. Шаеффер Н.А., Хойзнер К.Х. Технология стекла. – Кишнев.: Издательство "СТІ-Print", 1998. – 280 с.

19. Ящишин Й.М. Технологія скла: Ч.1. "Фізика і хімія скла" – Львів: Видавництво НТУ "Львівська політехніка", 2001. –188 с.

20. Ящишин Й.М. Технологія скла: Ч.2. "Технологія скляної маси" – Львів: Видавництво "Бескид Біт", 2004. – 250 с.

21. Аппен А.А. Химия стекла. Л.: Из-во "Химия", 1970. – 350 с.

22. Племянников Н.Н., Крупа А.А. Хімія та теплофізика скла. Навчальний посібник. – К.: НТУУ"КПІ" 2000. – 559 с.

23. Фельц А. Аморфные и стеклообразные неорганические твердые тела/ А. Фельц. – М.: Мир, 1986. – 558 с.

24. Анфилогов В.Н. Силикатные расплавы/ В.Н. Анфилогов, В.Н. Быков, А.А. Осипов. – М.: Наука, 2005. – 357 с.

25. Горшков В.С., Савельев В.Г., Федоров Н.Ф. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. - М.: Высшая школа, 1988.- 400с.

26. Физическая химия силикатов/ под редакцией Пашенко А.А. - М.: Высшая школа, 1986.-256с.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

27. Бобкова Н.М. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. - Минск: Высшая школа, 1988.-256с.

28. ГОСТ 23285-78. Межгосударственный стандарт. Пакеты транспортные для пищевых продуктов и стеклянной тары.

29. Волгина Ю.М. Теплотехническое оборудование стекольных заводов. - М.: Стройиздат, 1977.

30. Левченко П.В. Расчеты печей и сушил силикатной промышленности. Издание 2-е, стереотипное, М.: «Альянс». –2007. – 289с.

31. Павлушкин Н.М. Химическая технология стекла и ситталов. – М.: Стройиздат, 1983. – 423с.

32. Племянников М. М. Хімія і технологія скла. Високотемпературні процеси / М. М. Племянников, А. П. Яценко, Б. Ю. Корнілович. – Київ: Освіта України, 2015. – 183 с.

33. Інноваційні технології у виробництві спеціального та побутового скла [Електронний ресурс] / М. М. Племянников, А. П. Яценко, І. В. Пилипенко, Б. Ю. Корнілович // Київ. КПІ ім. І. Сікорського. – 2018. - 298 с.

34. BETTERIAL [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://betterial.pl/promat-mata-alsiflex-1260-130-en.html>.

35. Прейскурант на природний газ [Електронний ресурс] // "Нафтогаз України". – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.naftogaz.com/files/Information/Naftogaz-gas-prices-ne-PSO-Oktober-2018.pdf>.

36. Лукінюк М. В. Технологічні вимірювання та прилади [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 436 с. : іл. – Бібліогр.: с. 427–428. – 200 пр. – ISBN 978-966-622-247-6.

37. Лукінюк М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: У 2 кн. Кн. 1. Методи та технічні засоби автоматичного контролю хіміко-технологічних процесів [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за на-прямом підготовки: «Хімічна технологія та інженерія» /

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 336 с. : іл. – Біблігр.: с. 328–330. – 300 пр. – ISBN 978-966-622-520-0. – ISBN 978-966-622-530-9 (Кн. 1).

38. Бабіченко А. К. Промислові засоби автоматизації [Текст]: навч. посіб.: У 2 ч. / А. К. Ба-біченко, В. І. То-шинський, В. С. Михайлов та ін. ; за заг. ред. А. К. Бабіченка. – Харків: НТУ «ХПІ», 2003. – Ч. 1. Вимірювальні пристрої. – 470 с. : іл. – Бібліогр.: с. 467. – 500 пр. – ISBN 966-593-232-2.

39. Метод. вказівки до викон. розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» в дипломних проектах і роботах для магістрів хіміко-технологічного факультету / Уклад.: Н. А. Праховнік, Ю.О. Полукаров, О. В. Землянська – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 62 с.

40. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

41. ДБН В.2.5-28:2016 Природне і штучне освітлення.

42. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

43. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность.

44. НАПБ Б.03.002-2007 Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

45. ГОСТ 5542-87. Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения.

46. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

					МД ХМ7105МП.1105.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		